



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107688553 A

(43)申请公布日 2018.02.13

(21)申请号 201710755978.2

(22)申请日 2017.08.16

(71)申请人 安徽心之声医疗科技有限公司

地址 238000 安徽省巢湖市旗麓路2号安徽
居巢经济开发区中科先进制造创新产
业园

(72)发明人 夏鹤年 傅兆吉 周荣博 俞杰

(51)Int.Cl.

G06F 17/14(2006.01)

G06F 17/18(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/04(2006.01)

A61B 5/0402(2006.01)

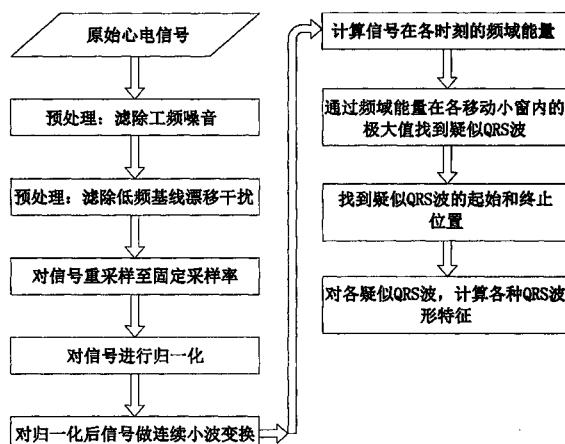
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法

(57)摘要

本发明公开了基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法。除波形幅度外,利用更广泛的特征来判断一个波形是否是真实QRS,这些特征为:小波变换后在特定频率范围内的能量值、与前一个疑似QRS波的间隔、该疑似QRS波的宽度、该疑似QRS波的电压变化速率;对各疑似QRS波,与专家标记的QRS波进行比对,判断其是否为真实QRS波形;将前一步骤获得的特征矩阵输入一个逻辑回归模型中,以梯度下降法为优化方法,设置学习率为0.02,迭代直至收敛;训练中,采用留1交叉验证的方法。算法得以从经标记的海量病人数据中习得各特征参数的权值,从而避免人工定义规则的需要,算法在识别QRS波群的同时,能获取可靠的信号质量信息,有助于减少错误警报。



A

CN 107688553

CN

1. 基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法,它包含如下步骤:

(1) 利用零相位数字滤波方法分别消除高频的50Hz干扰和低频的基线漂移干扰;

(2) 将除噪后的心电信号重采样至某一固定采样率;

(3) 将重采样后的心电信号归一化,使其值分布在-0.5与0.5之间,根据心电信号QRS波的频谱特征确定感兴趣的频率范围为11Hz到40Hz,在心电信号的左右两端各添加一段数据,以消除边界效应;

(4) 对归一化后心电信号在目标频率范围内做连续小波变换,计算得连续小波变换系数后,将两端虚拟样本去除,对上一步获得的小波变换系数,在各个时刻求不同频率上小波变换系数的平方和,从而获得各时刻心电信号在频域的能量值。定义一个宽度为0.3秒的移动小窗,在各小窗内寻找心电能量极大值,每个心电能量极大值所对应的时刻为一个疑似QRS波峰;该移动小窗逐个样本向右移动,由此会得到一列疑似QRS波峰,该过程中,要去除重复的疑似QRS波峰;

(5) 从疑似QRS波峰开始,向左搜寻该QRS波的起始位置,如果一直向左移动超过最大搜索距离仍未找到符合条件的起始位置,则该波不是真实QRS波,应丢弃;

(6) 从疑似QRS波峰开始,向右搜寻该QRS波的终止位置,如果一直向右移动超过最大搜索距离仍未找到符合条件的终止位置,则该波不是真实QRS波,应丢弃;

其特征在于:

(7) 对各疑似QRS波,分别计算下列特征:

QRS波波峰处的能量值;

QRS波峰处的电压绝对值;

该QRS波与前一个疑似QRS波的间隔;

该QRS波的宽度;

该疑似QRS波的平均电压变化速率,平均电压变化速率的定义如下,假设信号为s,长度为N,则平均电压变化速率为:平均值{绝对值{s[n]-s[n-1]}}},其中n为从1到N的所有整数;

(8) 对经心电专家标记过的心电数据库,按以上步骤进行处理,获得一个心电QRS波形的特征矩阵,该矩阵的行数等于所有疑似QRS波的数目,列数等于5;对各疑似QRS波,与专家标记的QRS波进行比对,判断其是否为真实QRS波形;判断标准为:当疑似QRS波波峰与专家标记的QRS波波峰间隔在150毫秒以内时,认为疑似QRS波为真实;

(9) 将前一步骤获得的特征矩阵输入一个逻辑回归模型中,以梯度下降法为优化方法,设置学习率为0.02,迭代直至收敛;训练中,采用留1交叉验证的方法,即将训练数据随机分成K份,取其中K-1份做训练,剩下1份做验证,如此重复N次,全部训练完成后对所得N个模型做平均,得到最终模型;最后,以F1分数为指标选取概率阈值,在阈值以下,认为QRS波为假,阈值以上,认为QRS波为真;

(10) 对任一新的待分析的心电数据,采用步骤(1)至步骤(7)中的方法进行处理,获得一组疑似QRS波,对每一个疑似QRS波,采用前步中训练获得的模型进行分类,获得其为真实QRS波的概率,再利用前一步骤中确定的概率阈值最终决定每一个疑似QRS波是否为真实QRS波;

(11) 至此,对任一心电数据的QRS特征的提取完成,对各个检测出的QRS波的分类结果做平均可获得所属心电数据的质量信息。

2. 根据权利要求1所述的基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法，其特征在于，所述步骤(1)的具体操作步骤如下：

- (a) 利用零相位数字滤波方法实现一个截止频率为1Hz以下的低通滤波器；
- (b) 使用上步中获得的低通滤波器过滤原始心电信号，获得基线漂移信号；
- (c) 将原始信号减去上一步中获得的基线漂移信号，获得去处基线漂移后的心电信号；
- (d) 利用零相位数字滤波方法实现一个截止频率为50Hz以下的低通滤波器；
- (e) 使用上步中获得的低通滤波器过滤c步中获得的心电信号，获得去除工频干扰的信号。

3. 根据权利要求1所述的基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法，其特征在于，所述步骤(2)的具体方法如下：假设原采样率为SR，新采样率为RSR，定义二者最大公约数为i，定义 $m=SR/i$, $n=RSR/i$, $mn=m*n$ ；假设原信号 s_0 长度为 $SR*t$ ，则新信号 s_1 长度为 $RSR*t$ ，定义变量 ot ，当 s_1 每赋值一次， ot 增加 m ，定义变量 it ，当 s_0 每右移一次， it 增加 n ，且当 it 值大于 mn 时归零；如此，定义 $vv=s_0(1)$, $v=s_0(2)$ ，则 $s_1(1)=vv$ ；定义 $vv=s_0(3)$, $v=s_0(4)$ ，则 $s_1(2)=vv+(ot \% n) * (v-vv) / n$ ；定义 $vv=s_0(4)$, $v=s_0(5)$ ，则 $s_1(3)=vv+(ot \% n) * (v-vv) / n$ ，以此类推，可获得重采样后新信号各个时刻的值。

4. 根据权利要求1所述的基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法，其特征在于，所述步骤(3)的具体添加方法如下：假设信号为s，定义信号首个样本值为 $s(1)$ ，则在第一个样本左侧重复添加128个值为 $s(1)$ 的虚拟样本；定义信号最后一个样本值为 $s(end)$ ，则在最后一个样本右侧重复添加128个值为 $s(end)$ 的虚拟样本。

5. 根据权利要求1所述的基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法，其特征在于，所述步骤(5)中搜寻QRS起始位置的具体过程如下：

如果当前时刻电压值超过1mV，认为当前不可能为QRS波起始位置，继续向左搜寻；

如果当前时刻电压值低于1mV，但往左20毫秒内电压持续上升或下降，则也继续向左搜寻；

如果当前时刻电压值低于1mV，且往左20毫秒内电压没有持续上升或下降，且心电能量值连续20毫秒低于0.001，则该时刻为QRS波的起始位置，停止搜寻；

如果当前时刻电压值低于1mV，且往左20毫秒内电压没有持续上升或下降，且向左20毫秒内心电电压整体变化小于0.1mV、最大瞬时电压变化小于0.05mV，则该时刻为QRS波的起始位置，停止搜寻。

6. 根据权利要求1所述的基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法，其特征在于，所述步骤(6)中搜寻QRS终止位置的具体过程如下：

如果沿当前时刻向右20毫秒内电压持续上升或下降，则继续向右搜寻；

如果沿当前时刻向右20毫秒内电压没有持续上升或下降，且心电能量值连续20毫秒低于0.0001，则该时刻为QRS波的终止位置，停止搜寻；

如果沿当前时刻向右20毫秒内电压没有持续上升或下降，且向右20毫秒内心电电压整体变化小于0.1mV、最大瞬时电压变化小于0.05mV，则该时刻为QRS波的终止位置，停止搜寻。

基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗技术领域,尤其是一种检测心电波形特征的方法,具体涉及一种基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法。

背景技术

[0002] 心肌细胞膜是半透膜,静息状态时,膜外排列一定数量带正电荷的阳离子,膜内排列相同数量带负电荷的阴离子,膜外电位高于膜内,称为极化状态。静息状态下,由于心脏各部位心肌细胞都处于极化状态,没有电位差,电流记录仪描记的电位曲线平直,即为体表心电图的等电位线。心肌细胞在受到一定强度的刺激时,细胞膜通透性发生改变,大量阳离子短时间内涌入膜内,使膜内电位由负变正,这个过程称为除极。对整体心脏来说,心肌细胞从心内膜向心外膜顺序除极过程中的电位变化,由电流记录仪描记的电位曲线称为除极波,即体表心电图上心房的P波和心室的QRS波。

[0003] 检测心电波形时,同类产品通常包括下列步骤:

[0004] 1、预处理:滤除低频和高频噪音;

[0005] 2、利用小波变换或其他方法对预处理后的心电信号进行转换,以突出QRS波形特征。

[0006] 3、从转换后的信号中识别各波峰,波峰峰值超过一定阈值的,认为是真实QRS波形。对阈值的选取通常采用动态定义方式。比如,[1]中描述了一种广泛采用的阈值选取方法。该方法从前10秒心电信号中提取各疑似QRS波的幅值信息,利用该信息确定初始阈值,之后再根据检测到的新的QRS波幅值动态调整阈值。

[0007] 现有技术的缺点包括:

[0008] 1、对QRS波的判别主要依赖于波形幅度,因此当T波幅值较大时,易于被错误检测成QRS波,并且对噪音干扰敏感,信号质量差时,QRS波检测精度显著下降;

[0009] 2、通过人为定义的规则选取阈值,导致鲁棒性不够,尤其是易于在分析罕见心律失常患者时错误率增高。

[0010] 参考文献:

[0011] [1] Zong W, Moody GB, and Jiang D.A robust open-source algorithm to detect onset and duration of QRS complexes.Computers in Cardiology 30:737-740 (2003) .

发明内容

[0012] 本发明的目的是提供一种基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法,在判别疑似QRS波是否真实时,综合多种波形特征,利用机器学习算法自动从海量数据中学习获得各特征权值,因此算法稳健性更好,性能更优;同时,算法对每一个疑似QRS给出一个是否真实QRS波的概率;当信号质量较差时,该概率值普遍较低,因此这些值可以用于衡量心电信号的质量,有助于减少错误警报。

[0013] 为了解决背景技术所存在的问题,本发明是采用以下技术方案:一种基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法,它包含如下步骤:

[0014] (1)利用零相位数字滤波方法分别消除高频的50Hz干扰和低频的基线漂移干扰;

[0015] (2)将除噪后的心电信号重采样至某一固定采样率;

[0016] (3)将重采样后的心电信号归一化,使其值分布在-0.5与0.5之间,根据心电信号QRS波的频谱特征确定感兴趣的频率范围为11Hz到40Hz,在心电信号的左右两端各添加一段数据,以消除边界效应;

[0017] (4)对归一化后心电信号在目标频率范围内做连续小波变换,计算得连续小波变换系数后,将两端虚拟样本去除,对上一步获得的小波变换系数,在各个时刻求不同频率上小波变换系数的平方和,从而获得各时刻心电信号在频域的能量值定义一个宽度为0.3秒的移动小窗,在各小窗内寻找心电能量极大值,每个心电能量极大值所对应的时刻为一个疑似QRS波峰;该移动小窗逐个样本向右移动,由此会得到一列疑似QRS波峰,该过程中,要去除重复的疑似QRS波峰;

[0018] (5)从疑似QRS波峰开始,向左搜寻该QRS波的起始位置,如果一直向左移动超过最大搜索距离仍未找到符合条件的起始位置,则该波不是真实QRS波,应丢弃;

[0019] (6)从疑似QRS波峰开始,向右搜寻该QRS波的终止位置,如果一直向右移动超过最大搜索距离仍未找到符合条件的终止位置,则该波不是真实QRS波,应丢弃;

[0020] (7)对各疑似QRS波,分别计算下列特征:

[0021] QRS波波峰处的能量值(能量值的计算方法见步骤4);

[0022] QRS波峰处的电压绝对值;

[0023] 该QRS波与前一个疑似QRS波的间隔;

[0024] 该QRS波的宽度(即前一步所检测到的波起始位置与终止位置之间的间隔);

[0025] 该疑似QRS波的平均电压变化速率,平均电压变化速率的定义如下,假设信号为s,长度为N,则平均电压变化速率为:平均值{绝对值{s[n]-s[n-1]}},其中n为从1到N的所有整数;

[0026] (8)对经心电专家标记过的心电数据库,按以上步骤进行处理,获得一个心电QRS波形的特征矩阵,该矩阵的行数等于所有疑似QRS波的数目,列数等于5(前一步骤中获得的QRS波形特征的数目);对各疑似QRS波,与专家标记的QRS波进行比对,判断其是否为真实QRS波形;判断标准为:当疑似QRS波波峰与专家标记的QRS波波峰间隔在150毫秒以内时,认为疑似QRS波为真实;

[0027] (9)将前一步骤获得的特征矩阵输入一个逻辑回归模型中,以梯度下降法为优化方法,设置学习率为0.02,迭代直至收敛;训练中,采用留1交叉验证的方法,即将训练数据随机分成K份,取其中K-1份做训练,剩下1份做验证,如此重复N次,全部训练完成后对所得N个模型做平均,得到最终模型;最后,以F1分数为指标选取概率阈值,在阈值以下,认为QRS波为假,阈值以上,认为QRS波为真;

[0028] (10)对任一新的待分析的心电数据,采用步骤(1)至步骤(7)中的方法进行处理,获得一组疑似QRS波,对每一个疑似QRS波,采用前步中训练获得的模型进行分类,获得其为真实QRS波的概率,再利用前一步骤中确定的概率阈值最终决定每一个疑似QRS波是否为真实QRS波;

[0029] (11) 至此,对任一心电数据的QRS特征的提取完成,对各个检测出的QRS波的分类结果做平均可获得所属心电数据的质量信息。

[0030] 作为本发明的进一步改进;所述步骤(1)的具体操作步骤如下:

[0031] (a) 利用零相位数字滤波方法实现一个截止频率为1Hz以下的低通滤波器;

[0032] (b) 使用上步中获得的低通滤波器过滤原始心电信号,获得基线漂移信号;

[0033] (c) 将原始信号减去上一步中获得的基线漂移信号,获得去处基线漂移后的心电信号;

[0034] (d) 利用零相位数字滤波方法实现一个截止频率为50Hz以下的低通滤波器;

[0035] (e) 使用上步中获得的低通滤波器过滤c步中获得的心电信号,获得去除工频干扰的信号。

[0036] 作为本发明的进一步改进;所述步骤(2)的具体方法如下:假设原采样率为SR,新采样率为RSR,定义二者最大公约数为i,定义 $m=SR/i$, $n=RSR/i$, $mn=m*n$;假设原信号s0长度为 $SR*t$,则新信号s1长度为 $RSR*t$,定义变量ot,当s1每赋值一次,ot增加m,定义变量it,当s0每右移一次,it增加n,且当it值大于mn时归零;如此,定义 $vv=s0(1)$, $v=s0(2)$,则 $s1(1)=vv$;定义 $vv=s0(3)$, $v=s0(4)$,则 $s1(2)=vv+(ot \% n) * (v-vv) / n$;定义 $vv=s0(4)$, $v=s0(5)$,则 $s1(3)=vv+(ot \% n) * (v-vv) / n$,以此类推,可获得重采样后新信号各个时刻的值。

[0037] 作为本发明的进一步改进;所述步骤(3)的具体添加方法如下:假设信号为s,定义信号首个样本值为s(1),则在第一个样本左侧重复添加128个值为s(1)的虚拟样本;定义信号最后一个样本值为s(end),则在最后一个样本右侧重复添加128个值为s(end)的虚拟样本。

[0038] 作为本发明的进一步改进;所述步骤(5)中搜寻QRS起始位置的具体过程如下:

[0039] 如果当前时刻电压值超过1mV,认为当前不可能为QRS波起始位置,继续向左搜寻;

[0040] 如果当前时刻电压值低于1mV,但往左20毫秒内电压持续上升或下降,则也继续向左搜寻;

[0041] 如果当前时刻电压值低于1mV,且往左20毫秒内电压没有持续上升或下降,且心电能量值连续20毫秒低于0.001,则该时刻为QRS波的起始位置,停止搜寻;

[0042] 如果当前时刻电压值低于1mV,且往左20毫秒内电压没有持续上升或下降,且向左20毫秒内心电电压整体变化小于0.1mV、最大瞬时电压变化小于0.05mV,则该时刻为QRS波的起始位置,停止搜寻。

[0043] 作为本发明的进一步改进;所述步骤(6)中搜寻QRS终止位置的具体过程如下:

[0044] 如果沿当前时刻向右20毫秒内电压持续上升或下降,则继续向右搜寻;

[0045] 如果沿当前时刻向右20毫秒内电压没有持续上升或下降,且心电能量值连续20毫秒低于0.0001,则该时刻为QRS波的终止位置,停止搜寻;

[0046] 如果沿当前时刻向右20毫秒内电压没有持续上升或下降,且向右20毫秒内心电电压整体变化小于0.1mV、最大瞬时电压变化小于0.05mV,则该时刻为QRS波的终止位置,停止搜寻。

[0047] 采用上述技术方案后,本发明具有以下有益效果:

[0048] 1、除波形幅度外,利用更广泛的特征来判断一个波形是否是真实QRS,这些特征包括小波变换后在特定频率范围内的能量值、与前一个疑似QRS波的间隔、该疑似QRS波的宽

度、该疑似QRS波的电压变化速率；

[0049] 2、避免人为定义规则，而是使算法从经标记的海量病人数据中习得各特征参数的权值，从而提高算法鲁棒性；

[0050] 3、心电信号易受各种噪音干扰，尤其在家用远程心电监控过程中信号质量更难以保障。因此该方法在识别QRS波群的同时，也获取可靠的信号质量信息，从而有助于减少错误警报。

附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0052] 图1为本发明对原始心电信号进行预处理、小波变换等，以提取出各个疑似QRS波形特征的流程图；

[0053] 图2为本发明利用已标记心电数据库训练用于判断各疑似QRS波真伪的逻辑回归模型的流程图；

[0054] 图3为本发明利用训练好的模型求得各疑似QRS波为真QRS波的概率的流程图。

具体实施方式

[0055] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及具体实施方式，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施方式仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0056] 请参阅图1-图3，本具体实施方式采用以下技术方案：一种基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法，它包含如下步骤：

[0057] (1) 心电信号易受工频噪音和基线漂移干扰。工频噪音的频率在50Hz左右，基线漂移的频率通常在1Hz以下。因此利用零相位数字滤波方法分别消除高频的50Hz干扰和低频的基线漂移干扰；具体操作步骤如下：

[0058] (a) 利用零相位数字滤波方法实现一个截止频率为1Hz以下的低通滤波器；

[0059] (b) 使用上步中获得的低通滤波器过滤原始心电信号，获得基线漂移信号；

[0060] (c) 将原始信号减去上一步中获得的基线漂移信号，获得去除基线漂移后的心电信号；

[0061] (d) 利用零相位数字滤波方法实现一个截止频率为50Hz以下的低通滤波器；

[0062] (e) 使用上步中获得的低通滤波器过滤c步中获得的心电信号，获得去除工频干扰的信号。

[0063] (2) 将除噪后的心电信号重采样至某一固定采样率；具体方法如下：假设原采样率为SR，新采样率为RSR，定义二者最大公约数为i，定义 $m=SR/i$, $n=RSR/i$, $mn=m*n$ ；假设原信号 s_0 长度为 $SR*t$ ，则新信号 s_1 长度为 $RSR*t$ ，定义变量 ot ，当 s_1 每赋值一次， ot 增加 m ，定义变量 it ，当 s_0 每右移一次， it 增加 n ，且当 it 值大于 mn 时归零；如此，定义 $vv=s_0(1)$, $v=s_0(2)$ ，则 $s_1(1)=vv$ ；定义 $vv=s_0(3)$, $v=s_0(4)$ ，则 $s_1(2)=vv+(ot\%n)*(v-vv)/n$ ；定义 $vv=$

s0(4), v=s0(5), 则 s1(3) = vv + (ot%n) * (v-vv) / n, 以此类推, 可获得重采样后新信号各个时刻的值。

[0064] (3) 将重采样后的心电信号归一化, 使其值分布在-0.5与0.5之间, 根据心电信号QRS波的频谱特征确定感兴趣的频率范围为11Hz到40Hz, 在心电信号的左右两端各添加一段数据, 以消除边界效应; 具体添加方法如下: 假设信号为s, 定义信号首个样本值为s(1), 则在第一个样本左侧重复添加128个值为s(1)的虚拟样本; 定义信号最后一个样本值为s(end), 则在最后一个样本右侧重复添加128个值为s(end)的虚拟样本。

[0065] (4) 对归一化后心电信号在目标频率范围内做连续小波变换, 计算得连续小波变换系数后, 将两端虚拟样本去除, 对上一步获得的小波变换系数, 在各个时刻求不同频率上小波变换系数的平方和, 从而获得各时刻心电信号在频域的能量值定义一个宽度为0.3秒的移动小窗, 在各小窗内寻找心电能量极大值, 每个心电能量极大值所对应的时刻为一个疑似QRS波峰; 该移动小窗逐个样本向右移动, 由此会得到一列疑似QRS波峰, 该过程中, 要去除重复的疑似QRS波峰;

[0066] (5) 从疑似QRS波峰开始, 向左搜寻该QRS波的起始位置, 如果一直向左移动超过最大搜索距离仍未找到符合条件的起始位置, 则该波不是真实QRS波, 应丢弃; 搜寻QRS起始位置的具体过程如下:

[0067] 如果当前时刻电压值超过1mV, 认为当前不可能为QRS波起始位置, 继续向左搜寻;

[0068] 如果当前时刻电压值低于1mV, 但往左20毫秒内电压持续上升或下降, 则也继续向左搜寻;

[0069] 如果当前时刻电压值低于1mV, 且往左20毫秒内电压没有持续上升或下降, 且心电能量值连续20毫秒低于0.001, 则该时刻为QRS波的起始位置, 停止搜寻;

[0070] 如果当前时刻电压值低于1mV, 且往左20毫秒内电压没有持续上升或下降, 且向左20毫秒内心电电压整体变化小于0.1mV、最大瞬时电压变化小于0.05mV, 则该时刻为QRS波的起始位置, 停止搜寻。

[0071] (6) 从疑似QRS波峰开始, 向右搜寻该QRS波的终止位置, 如果一直向右移动超过最大搜索距离仍未找到符合条件的终止位置, 则该波不是真实QRS波, 应丢弃; 搜寻QRS终止位置的具体过程如下:

[0072] 如果沿当前时刻向右20毫秒内电压持续上升或下降, 则继续向右搜寻;

[0073] 如果沿当前时刻向右20毫秒内电压没有持续上升或下降, 且心电能量值连续20毫秒低于0.0001, 则该时刻为QRS波的终止位置, 停止搜寻;

[0074] 如果沿当前时刻向右20毫秒内电压没有持续上升或下降, 且向右20毫秒内心电电压整体变化小于0.1mV、最大瞬时电压变化小于0.05mV, 则该时刻为QRS波的终止位置, 停止搜寻。

[0075] (7) 对各疑似QRS波, 分别计算下列特征:

[0076] QRS波波峰处的能量值(能量值的计算方法见步骤4);

[0077] QRS波峰处的电压绝对值;

[0078] 该QRS波与前一个疑似QRS波的间隔;

[0079] 该QRS波的宽度(即前一步所检测到的波起始位置与终止位置之间的间隔);

[0080] 该疑似QRS波的平均电压变化速率, 平均电压变化速率的定义如下, 假设信号为s,

长度为N，则平均电压变化速率为：平均值{绝对值{s[n]-s[n-1]}}，其中n为从1到N的所有整数；

[0081] (8) 对经心电专家标记过的心电数据库，按以上步骤进行处理，获得一个心电QRS波形的特征矩阵，该矩阵的行数等于所有疑似QRS波的数目，列数等于5(前一步骤中获得的QRS波形特征的数目)；对各疑似QRS波，与专家标记的QRS波进行比对，判断其是否为真实QRS波形；判断标准为：当疑似QRS波波峰与专家标记的QRS波波峰间隔在150毫秒以内时，认为疑似QRS波为真实；

[0082] (9) 将前一步骤获得的特征矩阵输入一个逻辑回归模型中，以梯度下降法为优化方法，设置学习率为0.02，迭代直至收敛；训练中，采用留1交叉验证的方法，即将训练数据随机分成K份，取其中K-1份做训练，剩下1份做验证，如此重复N次，全部训练完成后对所得N个模型做平均，得到最终模型；最后，以F1分数为指标选取概率阈值，在阈值以下，认为QRS波为假，阈值以上，认为QRS波为真；

[0083] (10) 对任一新的待分析的心电数据，采用步骤(1)至步骤(7)中的方法进行处理，获得一组疑似QRS波，对每一个疑似QRS波，采用前步中训练获得的模型进行分类，获得其为真实QRS波的概率，再利用前一步骤中确定的概率阈值最终决定每一个疑似QRS波是否为真实QRS波；

[0084] (11) 至此，对任一心电数据的QRS特征的提取完成，对各个检测出的QRS波的分类结果做平均可获得所属心电数据的质量信息。

[0085] 本发明的原理为：

[0086] 除波形幅度外，本发明利用更广泛的特征来判断一个波形是否是真实QRS，这些特征为步骤7中所计算的各个特征：小波变换后在特定频率范围内的能量值、与前一个疑似QRS波的间隔、该疑似QRS波的宽度、该疑似QRS波的电压变化速率；通过步骤8和步骤9，算法得以从经标记的海量病人数据中习得各特征参数的权值，从而避免人工定义规则的需要。通过步骤10和步骤11，算法在识别QRS波群的同时，能获取可靠的信号质量信息，有助于减少错误警报。

[0087] 对于本领域技术人员而言，显然本发明不限于上述示范性实施例的细节，而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下，能够以其他的具体形式实现本发明。因此，无论从哪一点来看，均应将实施例看作是示范性的，而且是非限制性的，本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定，因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。

[0088] 此外，应当理解，虽然本说明书按照实施方式加以描述，但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施例中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

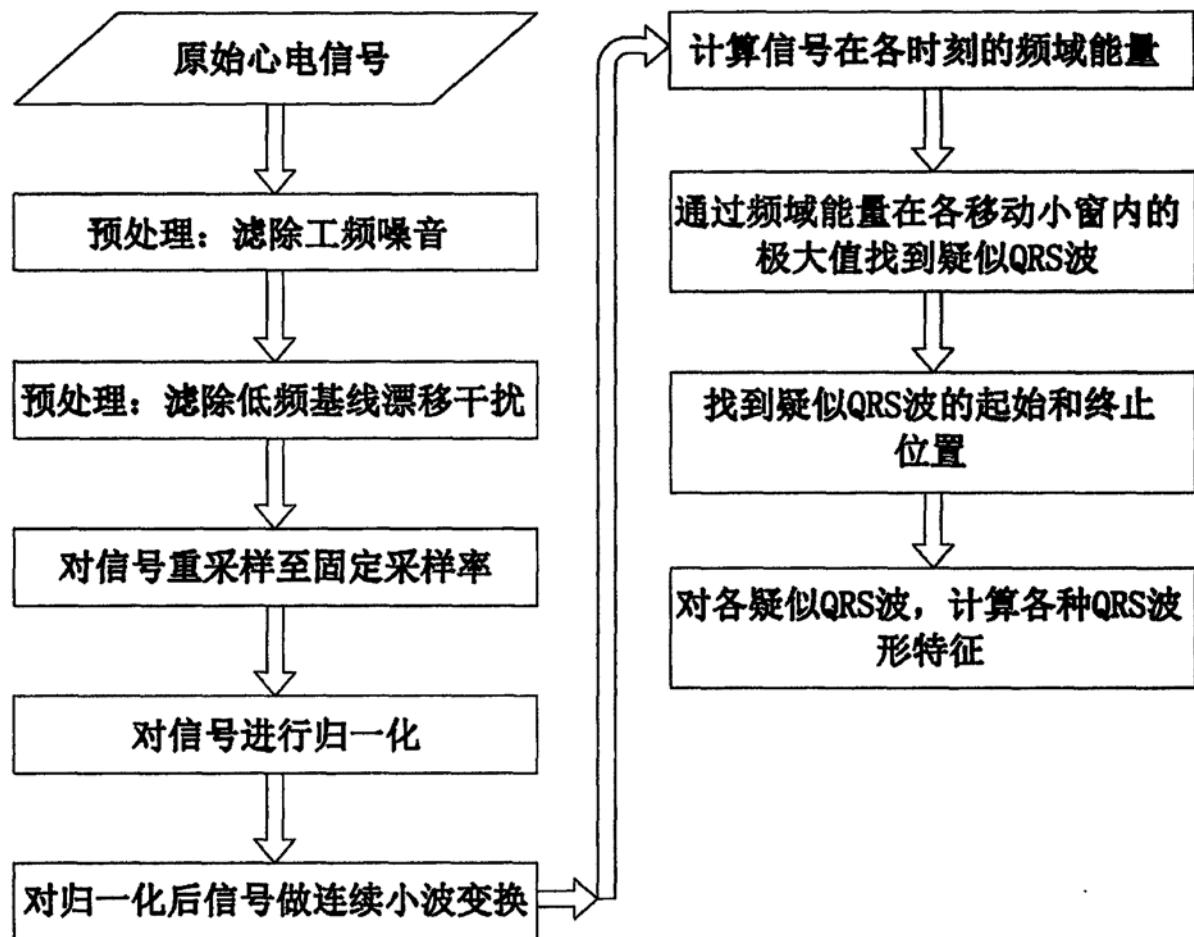


图1

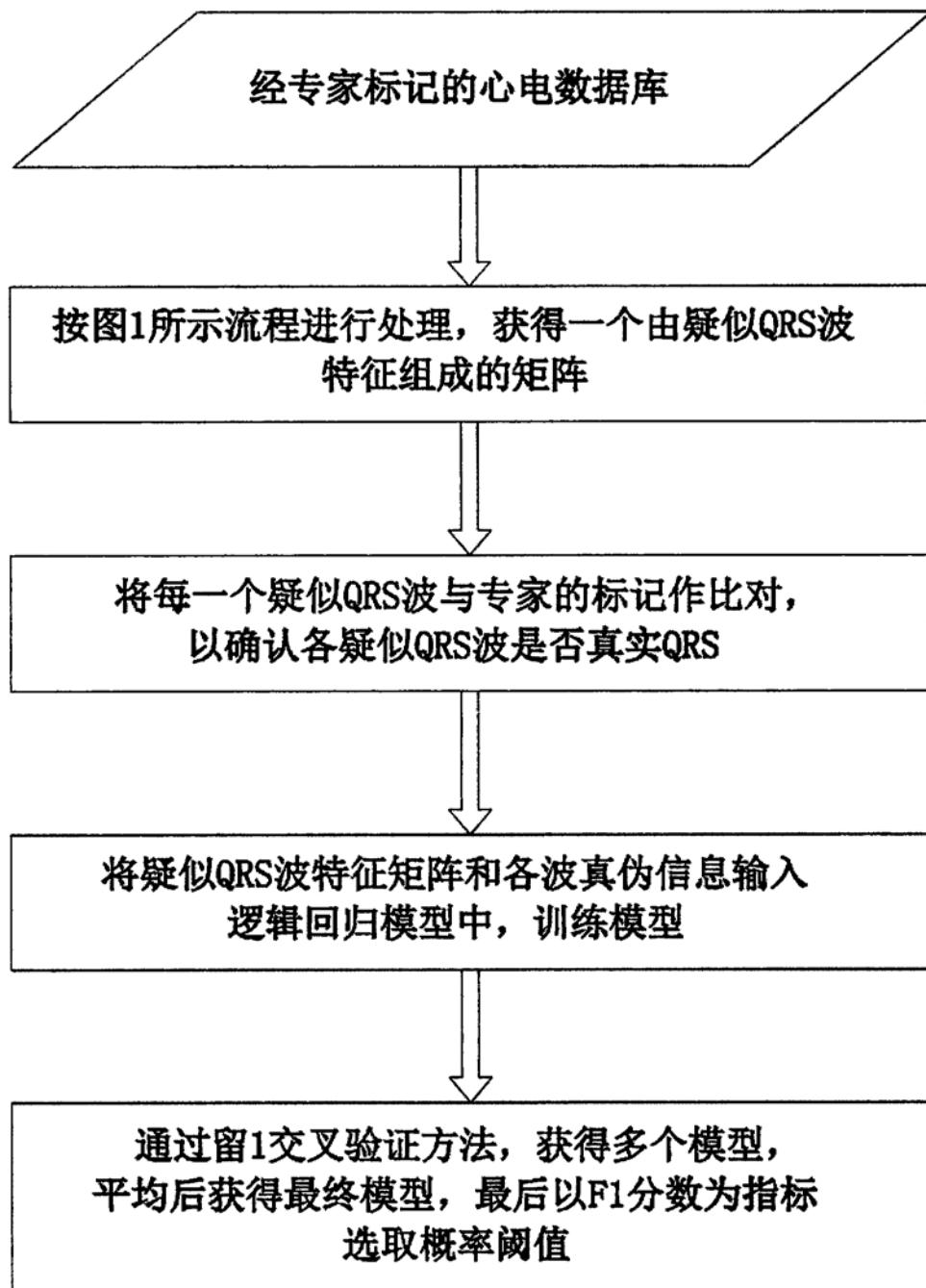


图2

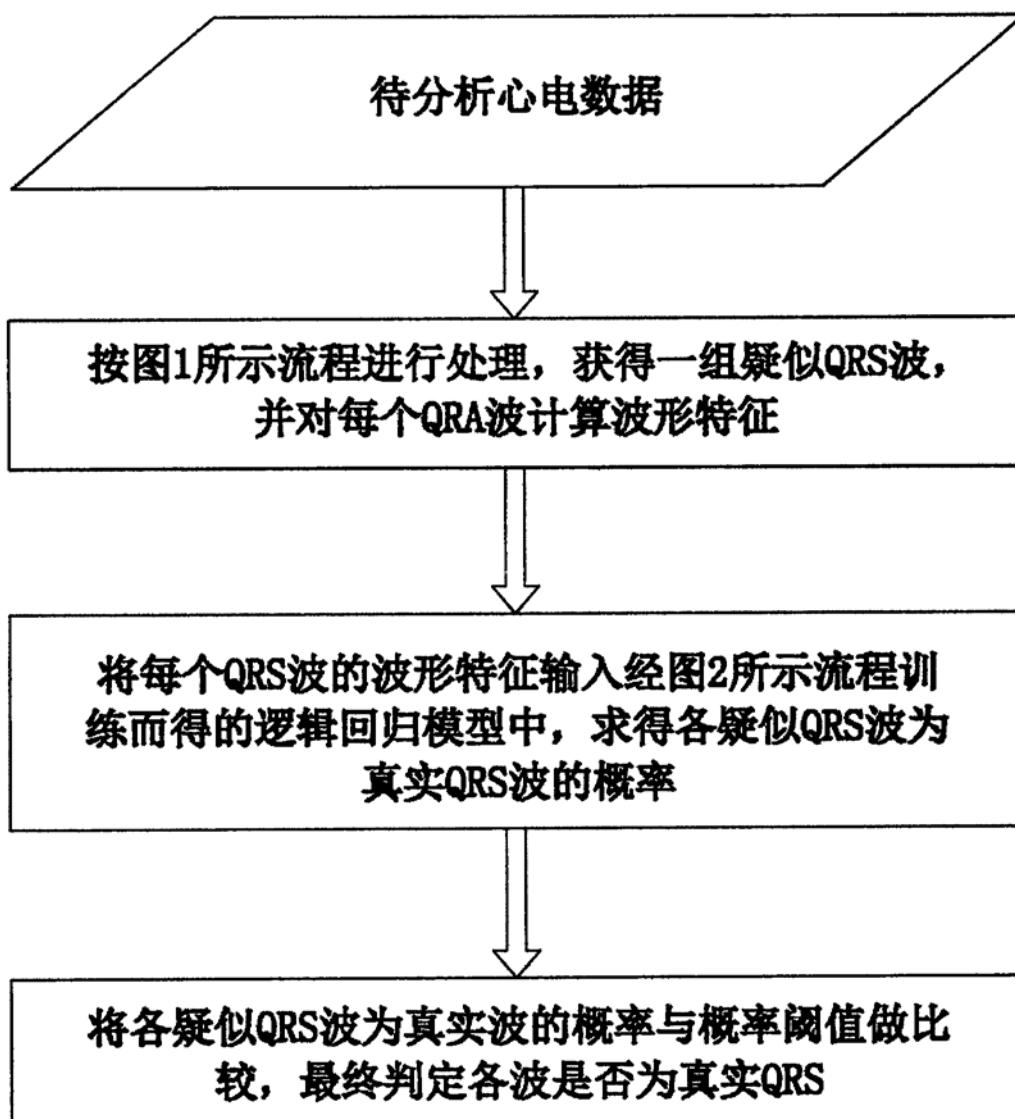


图3

专利名称(译)	基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法		
公开(公告)号	CN107688553A	公开(公告)日	2018-02-13
申请号	CN201710755978.2	申请日	2017-08-16
[标]发明人	夏鹤年 傅兆吉 周荣博 俞杰		
发明人	夏鹤年 傅兆吉 周荣博 俞杰		
IPC分类号	G06F17/14 G06F17/18 A61B5/00 A61B5/04 A61B5/0402		
CPC分类号	G06F17/148 A61B5/04012 A61B5/0402 A61B5/7203 A61B5/7235 A61B5/725 A61B5/7253 G06F17/18		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

本发明公开了基于小波变换和逻辑回归算法检测心电波形特征的方法。除波形幅度外，利用更广泛的特征来判断一个波形是否是真实QRS，这些特征为：小波变换后在特定频率范围内的能量值、与前一个疑似QRS波的间隔、该疑似QRS波的宽度、该疑似QRS波的电压变化速率；对各疑似QRS波，与专家标记的QRS波进行比对，判断其是否为真实QRS波形；将前一步骤获得的特征矩阵输入一个逻辑回归模型中，以梯度下降法为优化方法，设置学习率为0.02，迭代直至收敛；训练中，采用留1交叉验证的方法。算法得以从经标记的海量病人数据中习得各特征参数的权值，从而避免人工定义规则的需要，算法在识别QRS波群的同时，能获取可靠的信号质量信息，有助于减少错误警报。

