



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110840443 A

(43)申请公布日 2020.02.28

(21)申请号 201911211864.7

(22)申请日 2019.11.29

(71)申请人 京东方科技集团股份有限公司

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路10号

(72)发明人 孟桂芳

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 杨静

(51)Int.Cl.

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

G06K 9/00(2006.01)

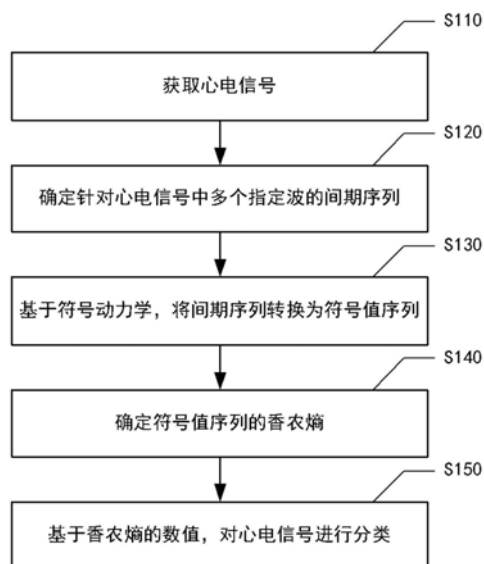
权利要求书3页 说明书14页 附图7页

### (54)发明名称

心电信号处理方法、心电信号处理装置和电子设备

### (57)摘要

本公开提供了一种心电信号处理方法、装置以及电子设备。该心电信号处理方法包括：获取心电信号，该心电信号包括多个指定波。然后确定针对上述多个指定波的间期序列。基于符号动力学，将间期序列转换为符号值序列，并确定符号值序列的香农熵。接着基于符号值序列的香农熵的数值，对所获取的心电信号进行分类。



1. 一种心电信号处理方法,包括:  
获取心电信号,所述心电信号包括多个指定波;  
确定针对所述多个指定波的间期序列;  
基于符号动力学,将所述间期序列转换为符号值序列;  
确定所述符号值序列的香农熵;以及  
基于所述香农熵的数值,对所述心电信号进行分类。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述基于所述香农熵的数值,对所述心电信号进行分类包括:  
当所述香农熵的数值大于第一预定阈值时,确定所述心电信号属于第一预定类别。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述基于符号动力学,将所述间期序列转换为符号值序列包括:  
计算所述间期序列中每个时间间隔所针对的瞬时心率,以得到瞬时心率序列;  
对所述瞬时心率序列中的多个瞬时心率分别进行第一编码,以得到多个编码符号,并由所述多个编码符号组成符号序列;以及  
对所述符号序列中的多个编码符号分别进行第二编码,以得到多个符号值,并由所述多个符号值组成所述符号值序列。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述对所述瞬时心率序列中的多个瞬时心率分别进行第一编码,以得到多个编码符号包括:  
对于所述瞬时心率序列中的任一瞬时心率,基于所述任一瞬时心率的数值,对所述任一瞬时心率进行分类;  
当所述任一瞬时心率属于第一分类时,将预定符号作为所述任一瞬时心率的编码符号;以及  
当所述任一瞬时心率属于第二分类时,计算所述任一瞬时心率与第一数值的比值,并将所述比值作为所述任一瞬时心率的编码符号。
5. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述对所述符号序列中的多个编码符号分别进行第二编码,以得到多个符号值包括:  
对于所述符号序列中的任一编码符号,计算所述任一编码符号的在前编码符号、所述任一编码符号、以及所述任一编码符号的在后编码符号的加权和,并将所述加权和作为针对所述任一编码符号的符号值。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述确定所述符号值序列的香农熵包括:  
预设多个符号值区间;  
对于所述多个符号值区间中的任一符号值区间,计算所述符号值序列中落入所述任一符号值区间的符号值的数量与所述符号值序列中符号值的数量之间的比例,并将所述比例作为所述符号值序列关于所述任一符号值区间的分布概率;以及  
基于所述符号值序列关于所述多个符号值区间各自的分布概率,确定所述符号值序列的香农熵。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述基于所述符号值序列关于所述多个符号值区间各自的分布概率,确定所述符号值序列的香农熵包括:  
基于所述符号值序列关于所述多个符号值区间各自的分布概率,计算所述符号值序列

关于所述多个符号值区间的分布期望；

基于所述符号值序列中符号值的数量和所述多个符号值区间的数量，确定增益系数；  
以及

基于所述分布期望和所述增益系数，确定所述符号值序列的香农熵。

8. 根据权利要求1所述的方法，还包括：

设置滑动窗口，所述滑动窗口的长度小于所述符号值序列的长度；

将所述滑动窗口在所述符号值序列中从前至后进行滑动，以从所述符号值序列中提取出多个符号值子序列，其中，所述滑动窗口的每次滑动步长为1个符号值；

对于所述多个符号值子序列中的任一符号值子序列，确定所述任一符号值子序列的香农熵，当所述任一符号值子序列的香农熵大于第一预定阈值时，将所述任一符号值子序列中的每个符号值的评分加1；

在所述滑动窗口滑动结束后，确定所述符号值序列中的每个符号值的总评分；以及  
确定总评分大于第二预定阈值的符号值属于第一预定类别。

9. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述确定针对所述多个指定波的间期序列包括：

识别所述多个指定波各自的波峰；以及

基于所述多个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔，确定所述间期序列。

10. 根据权利要求9所述的方法，其中，所述多个指定波包括M+1个指定波；

所述基于所述多个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔，确定所述间期序列包括：

由M+1个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔，组成包含M个时间间隔的初始间期序列；以及

对初始间期序列进行预处理，以得到包含N个时间间隔的所述间期序列；

其中，M和N均为正整数，M大于等于N。

11. 根据权利要求10所述的方法，其中，所述对初始间期序列进行预处理，以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括：

确定所述M个时间间隔的平均值；

对于所述M个时间间隔中的任一时间间隔，基于所述任一时间间隔与所述平均值之间的差异确定所述任一时间间隔是否属于第二预定类别；以及

如果确定所述任一时间间隔属于第二预定类别，则从所述初始间期序列中将所述任一时间间隔以及所述任一时间间隔的在后时间间隔筛除。

12. 根据权利要求10所述的方法，其中，所述对初始间期序列进行预处理，以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括：

确定所述M个时间间隔的平均值；

对于所述M个时间间隔中的任一时间间隔，对所述任一时间间隔与所述任一时间间隔的在后时间间隔进行求和以得到合并间隔；

基于所述合并间隔与所述平均值之间的差异确定所述任一时间间隔是否属于第二预定类别；以及

如果所述任一时间间隔属于第二预定类别，则将所述任一时间间隔以及所述任一时间

间隔的在后时间间隔合并为一个时间间隔。

13. 根据权利要求10所述的方法, 其中, 所述对初始间期序列进行预处理, 以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括以下步骤中的至少一个:

对于所述M个时间间隔中的任一时间间隔, 如果所述任一时间间隔与所述任一时间间隔的在前时间间隔的比值大于第二数值、且所述任一时间间隔的在后时间间隔与所述任一时间间隔的比值大于第三数值, 则从所述初始间期序列中将所述任一时间间隔以及所述任一时间间隔的在后时间间隔剔除; 以及

对于所述任一时间间隔, 如果所述任一时间间隔与所述任一时间间隔的在前时间间隔的比值大于第四数值、且所述任一时间间隔的在后时间间隔与所述任一时间间隔的比值小于第五数值, 则从所述初始间期序列中将所述任一时间间隔以及所述任一时间间隔的在后时间间隔剔除;

其中, 所述第二数值小于所述第三数值, 所述第四数值大于所述第五数值。

14. 根据权利要求1所述的方法, 还包括:

在所述获取心电信号之后, 去除所述心电信号中的基线漂移噪声。

15. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述心电信号为单导联心电信号。

16. 一种心电信号处理装置, 包括:

获取模块, 用于获取心电信号, 所述心电信号包括多个指定波;

确定模块, 用于确定针对所述多个指定波的间期序列;

转换模块, 用于基于符号动力学, 将所述间期序列转换为符号值序列;

熵计算模块, 用于确定所述符号值序列的香农熵; 以及

分类模块, 用于基于所述香农熵的数值, 对所述心电信号进行分类。

17. 一种电子设备, 包括:

存储器, 配置为存储指令;

至少一个处理器;

所述至少一个处理器执行存储在存储器中的指令, 以实现根据权利要求1~15之一所述的方法。

## 心电信号处理方法、心电信号处理装置和电子设备

### 技术领域

[0001] 本公开总体上涉及计算机技术领域,具体地,涉及一种心电信号处理方法、心电信号处理装置和电子设备。

### 背景技术

[0002] 心电 (electrocardiogram, ECG) 信号是心脏电活动在体表的综合反映。对于心电信号的准确分类,可为临床监护和远程医疗等场景提供有效协助。一种处理方式在于通过训练分类器对心电信号进行分类。需要准备大量样本数据,并对样本数据进行特征构造,再基于样本数据的特征进行分类器的训练,直至达到优化目标。该处理方式过程复杂,效率较低。

### 发明内容

[0003] 本公开实施例提出了一种心电信号处理方法、心电信号处理装置和电子设备。

[0004] 根据本发明的一个方面,提出了一种心电信号处理方法,包括:获取心电信号,该心电信号包括多个指定波。确定针对上述多个指定波的间期序列。基于符号动力学,将间期序列转换为符号值序列,并确定符号值序列的香农熵。接着基于符号值序列的香农熵的数值,对所获取的心电信号进行分类。

[0005] 例如,上述基于符号值序列的香农熵的数值,对心电信号进行分类包括:当香农熵的数值大于第一预定阈值时,确定心电信号属于第一预定类别。

[0006] 例如,上述基于符号动力学,将间期序列转换为符号值序列包括:计算间期序列中每个时间间隔所针对的瞬时心率,以得到瞬时心率序列。然后对瞬时心率序列中的多个瞬时心率分别进行第一编码,以得到多个编码符号,并由该多个编码符号组成符号序列。接着对符号序列中的多个编码符号分别进行第二编码,以得到多个符号值,并由该多个符号值组成符号值序列。

[0007] 例如,上述对瞬时心率序列中的多个瞬时心率分别进行第一编码,以得到多个编码符号包括:对于瞬时心率序列中的任一瞬时心率,先基于该任一瞬时心率的数值,对该任一瞬时心率进行分类。当该任一瞬时心率属于第一分类时,将预定符号作为该任一瞬时心率的编码符号。当该任一瞬时心率属于第二分类时,计算该任一瞬时心率与第一数值的比值,并将所得到的比值作为该任一瞬时心率的编码符号。

[0008] 例如,上述对符号序列中的多个编码符号分别进行第二编码,以得到多个符号值包括:对于符号序列中的任一编码符号,计算该任一编码符号的在前编码符号、该任一编码符号、以及该任一编码符号的在后编码符号的加权和,并将所得到的加权和作为针对该任一编码符号的符号值。

[0009] 例如,上述确定符号值序列的香农熵包括:预设多个符号值区间。对于上述多个符号值区间中的任一符号值区间,计算符号值序列中落入该任一符号值区间的符号值的数量与符号值序列中符号值的数量之间的比例,并将所得到的比例作为符号值序列关于该任一

符号值区间的分布概率。然后,基于符号值序列关于多个符号值区间各自的分布概率,确定符号值序列的香农熵。

[0010] 例如,上述基于符号值序列关于多个符号值区间各自的分布概率,确定符号值序列的香农熵包括:基于符号值序列关于多个符号值区间各自的分布概率,计算符号值序列关于多个符号值区间的分布期望。基于符号值序列中符号值的数量和多个符号值区间的数量,确定增益系数。然后,基于上述分布期望和增益系数,确定符号值序列的香农熵。

[0011] 例如,上述方法还包括:设置滑动窗口,该滑动窗口的长度小于所述符号值序列的长度。将滑动窗口在符号值序列中从前至后进行滑动,以从符号值序列中提取出多个符号值子序列。其中,滑动窗口的每次滑动步长为1个符号值。对于所提取的多个符号值子序列中的任一符号值子序列,确定该任一符号值子序列的香农熵,当该任一符号值子序列的香农熵大于第一预定阈值时,将该任一符号值子序列中的每个符号值的评分加1。在滑动窗口滑动结束后,确定符号值序列中的每个符号值的总评分。最后确定总评分大于第二预定阈值的符号值属于第一预定类别。

[0012] 例如,上述确定针对心电信号中多个指定波的间期序列包括:识别心电信号中多个指定波各自的波峰,然后基于该多个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔,确定针对多个指定波的间期序列。

[0013] 例如,上述多个指定波包括M+1个指定波。上述基于多个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔,确定针对多个指定波的间期序列包括:由M+1个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔,组成包含M个时间间隔的初始间期序列。然后对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的间期序列。其中,M和N均为正整数,M大于等于N。

[0014] 例如,上述对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括:确定所述M个时间间隔的平均值。对于M个时间间隔中的任一时间间隔,基于该任一时间间隔与上述平均值之间的差异确定该任一时间间隔是否属于第二预定类别。如果确定该任一时间间隔属于第二预定类别,则从初始间期序列中将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛选。

[0015] 例如,上述对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括:确定M个时间间隔的平均值。对于M个时间间隔中的任一时间间隔,对该任一时间间隔与该任一时间间隔的在后时间间隔进行求和以得到合并间隔。然后,基于该合并间隔与上述平均值之间的差异确定该任一时间间隔是否属于第二预定类别。如果该任一时间间隔属于第二预定类别,则将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔合并为一个时间间隔。

[0016] 例如,上述对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括:确定所述M个时间间隔的平均值。对于M个时间间隔中的任一时间间隔,基于该任一时间间隔与上述平均值之间的差异确定该任一时间间隔是否属于第二预定类别。如果确定该任一时间间隔属于第二预定类别,则从初始间期序列中将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛选。在此基础上,对于初始间期序列中经上述筛选后剩余的任一时间间隔,对该任一时间间隔与该任一时间间隔的在后时间间隔进行求和以得到合并间隔。再基于该合并间隔与上述平均值之间的差异确定该任一时间间隔是否属于第二预定类别。

如果该任一时间间隔属于第二预定类别,则将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔合并为一个时间间隔。

[0017] 例如,上述对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的所述间期序列包括:对于M个时间间隔中的任一时间间隔,如果该任一时间间隔与该任一时间间隔的在前时间间隔的比值大于第二数值、且该任一时间间隔的在后时间间隔与该任一时间间隔的比值大于第三数值,则将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛除。并且/或者,对于任一时间间隔,如果该任一时间间隔与该任一时间间隔的在前时间间隔的比值大于第四数值、且该任一时间间隔的在后时间间隔与该任一时间间隔的比值小于第五数值,则将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛除。其中,所述第二数值小于所述第三数值,所述第四数值大于所述第五数值。

[0018] 例如,上述方法还包括:在获取心电信号之后,去除心电信号中的基线漂移噪声。

[0019] 例如,所获取的心电信号为单导联心电信号。

[0020] 根据本公开实施例的另一方面,提供了一种心电信号处理装置,包括:获取模块、确定模块、转换模块、熵计算模块、以及分类模块。获取模块用于获取心电信号,心电信号包括多个指定波。确定模块用于确定针对多个指定波的间期序列。转换模块用于基于符号动力学,将间期序列转换为符号值序列。熵计算模块用于确定符号值序列的香农熵。分类模块用于基于香农熵的数值,对心电信号进行分类。

[0021] 根据本公开实施例的另一方面,提供了一种电子设备。包括:存储器和至少一个处理器。存储器配置为存储指令。至少一个处理器执行存储在存储器中的指令,以实现上文所述的方法。

[0022] 根据本公开实施例的技术方案,基于符号动力学将表征心电信号中指定波之间时间间隔的间期序列转换为粗粒度的、分离度更高的符号值序列,并对其计算香农熵。然后依据香农熵的数值对心电信号进行分类,以得到针对心电信号的分类结果。其中,通过间期序列在幅度域的符号化处理,一方面能够提高计算速度,另一方面通过选取恰当的编码方式,在保存心电信号的本质特征的同时能够丢弃无关噪声的影响,使得符号值序列的香农熵能够较为准确地度量心电特征的不确定性,从而得到更加准确的分类结果。该过程的算法复杂度较低,不必训练分类器,简单易用。

## 附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本公开实施例或传统的技术方案,下面将对实施例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公开的一些实施例,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。下图中:

[0024] 图1示意性示出了根据本公开实施例的心电信号处理方法的流程图;

[0025] 图2A示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理方法的流程图;

[0026] 图2B示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理方法的流程图;

[0027] 图3示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理方法的流程图;

[0028] 图4示意性示出了根据本公开实施例的间期序列转换为符号值序列的过程的示例示意图;

- [0029] 图5示意性示出了根据本公开实施例的投票决策的过程的示例示意图；
- [0030] 图6A示意性示出了根据本公开实施例的心电信号处理过程的示例示意图；
- [0031] 图6B示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理过程的示例示意图；
- [0032] 图7示意性示出了根据本公开实施例的心电信号处理装置的框图；以及
- [0033] 图8示意性示出了根据本公开实施例的电子设备的框图。

## 具体实施方式

[0034] 为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述。显然，所描述的实施例是本公开的一部分实施例，而不是全部。基于所描述的本公开实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下获得的所有其他实施例都属于本公开保护的范围。应注意，贯穿附图，相同的元素由相同或相近的附图标记来表示。在以下描述中，一些具体实施例仅用于描述目的，而不应该理解为对本公开有任何限制，而只是本公开实施例的示例。此外，在以下说明中，省略了对公知结构和技术的描述，以避免不必要地混淆本公开的概念。

[0035] 在此使用的术语仅仅是为了描述具体实施例，而并非意在限制本公开。在此使用的术语“包括”、“包含”等表明了所述特征、步骤、操作和/或部件的存在，但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、步骤、操作或部件。

[0036] 在此使用的所有术语(包括技术和科学术语)具有本领域技术人员通常所理解的含义，除非另外定义。应注意，这里使用的术语应解释为具有与本说明书的上下文相一致的含义，而不应以理想化或过于刻板的方式来解释。

[0037] 在使用类似于“A、B和C等中至少一个”这样的表述的情况下，一般来说应该按照本领域技术人员通常理解该表述的含义来予以解释(例如，“具有A、B和C中至少一个的系统”应包括但不限于单独具有A、单独具有B、单独具有C、具有A和B、具有A和C、具有B和C、和/或具有A、B、C的系统等)。在使用类似于“A、B或C等中至少一个”这样的表述的情况下，一般来说应该按照本领域技术人员通常理解该表述的含义来予以解释(例如，“具有A、B或C中至少一个的系统”应包括但不限于单独具有A、单独具有B、单独具有C、具有A和B、具有A和C、具有B和C、和/或具有A、B、C的系统等)。

[0038] 心电信号是心脏电活动在体表的综合反映。对于心电信号的准确分类，可为临床监护和远程医疗等场景提供有效协助。一种心电信号的处理方式在于通过训练分类器对心电信号进行分类。这种方式需要准备大量样本数据，并对样本数据进行特征构造，再基于样本数据的特征进行分类器的训练，直至达到优化目标。该处理方式过程复杂，效率较低。

[0039] 根据本公开实施例，提供了一种心电信号处理方法，下面对该方法进行说明。应注意，以下方法中各个步骤的序号仅作为该步骤的表示以便描述，而不应被看作表示该各个步骤的执行顺序。除非明确指出，否则该方法不需要完全按照所示顺序来执行。

[0040] 图1示意性示出了根据本公开实施例的心电信号处理方法的流程图。

[0041] 如图1所示，该方法可以包括以下步骤S110～S150。

[0042] 在步骤S110，获取心电信号。

[0043] 其中，所获取的心电信号包括多个指定波。通常情况下，心电信号中可以包括多种心电波形，例如P波、Q波、R波、S波、T波等。本文所述的“指定波”是指上述多种心电波形中的



至少一种。

[0044] 然后,在步骤S120,确定针对心电信号中多个指定波的间期(interval)序列。

[0045] 其中,针对多个指定波的间期序列包括多个时间间隔,以表征心电信号中多个指定波之间的时间间隔。

[0046] 接着,在步骤S130,基于符号动力学(symbolic dynamics),将间期序列转换为符号值序列。

[0047] 例如,将间期序列转换为符号值序列的过程可以是一种基于符号动力学在幅度域上对间期序列进行符号化编码的过程,从而将间期序列简化为由有限个符号值组成的符号值序列。

[0048] 接着,在步骤S140,确定符号值序列的香农熵(Shannon entropy)。

[0049] 在信息论中,香农熵是对不确定性的度量,通常用于解决信息的量化问题。一个事件的香农熵的数值越大,表征该事件携带越多的信息;一个事件的香农熵的数值越小,表征该事件携带越少的信息。

[0050] 接着,在步骤S150,基于香农熵的数值,对心电信号进行分类。

[0051] 本领域技术人员可以理解,根据本公开实施例的心电信号处理方法基于符号动力学将表征心电信号中指定波之间时间间隔的间期序列转换为粗粒度的、分离度更高的符号值序列,并对其计算香农熵。然后依据香农熵的数值对心电信号进行分类,以得到针对心电信号的分类结果。其中,通过间期序列在幅度域的符号化处理,一方面能够提高计算速度,另一方面通过选取恰当的编码方式在保存心电信号的本质特征的同时丢弃无关噪声的影响,使得符号值序列的香农熵能够较为准确地度量心电特征的不确定性,从而得到更加准确的分类结果。该过程的算法复杂度较低,不必训练分类器,简单易用。

[0052] 图2A示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理方法的流程图,用于示例性地对图1所示的步骤S120的实施过程进行说明。

[0053] 如图2A所示,步骤S120确定针对心电信号中多个指定波的间期序列的过程可以包括以下子步骤S121~S122。

[0054] 在子步骤S121,识别心电信号中多个指定波各自的波峰。

[0055] 例如,本步骤S121可以基于指定波的特征,采用各种识别算法来识别多个指定波各自的波峰。由于心电信号可以表征为心电信号的幅值关于时间的分布,因此通过识别多个指定波各自的波峰可以确定多个波峰所针对的时间点。

[0056] 在子步骤S122,基于该多个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔,确定针对多个指定波的间期序列。

[0057] 图2B示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理方法的流程图,用于示例性地对图2A所示的子步骤S122的实施过程进行说明。

[0058] 如图2B所示,以包含M+1个指定波的心电信号为例,子步骤S122基于多个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔,确定针对该多个指定波的间期序列的过程可以包括以下子步骤S1221~S1222。

[0059] 在子步骤S1221,由M+1个指定波各自的波峰中每两个相邻波峰之间的时间间隔,组成包含M个时间间隔的初始间期序列。

[0060] 在子步骤S1222,对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的间期序

列。

[0061] 其中,M和N均为正整数,M大于等于N。

[0062] 例如,通常情况下,由Q波、R波和S波构成的QRS波群是心电信号中最显著的心电波形,反映了心室收缩时心脏的电行为。本例中设置指定波为R波。识别心电信号中的M+1个R波的波峰,每两个相邻R波波峰之间的时间间隔作为一个RR间期(RR interval),由M个RR间期组成初始间期序列,可表示为:  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_M\}$ 。对该初始RR间期序列进行预处理,把初始RR间期序列中异常的时间间隔去除,从而得到间期序列,可表示为:  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_N\}$ 。识别心电信号中R波波峰的方法包括多种,包括幅度法、斜率法和面积法等等,在此不做限制。本例中采用P-T (Pan-Tompkins) 算法在心电信号中定位R波波峰。

[0063] 下面分别通过以下实施例来说明上述对初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的间期序列的过程。

[0064] 示例性地,上述对包含M个时间间隔的初始间期序列进行预处理,以得到包含N个时间间隔的间期序列的过程可以按照如下方式进行。

[0065] 首先,确定初始间期序列中M个时间间隔的平均值,可称为序列均值。一方面,对于M个时间间隔中的任一时间间隔,基于该任一时间间隔与序列均值之间的差异确定该任一时间间隔是否属于第二预定类别,如果是,则从初始间期序列中将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛除。

[0066] 附加地或替换地,对于M个时间间隔中的任一时间间隔,对该任一时间间隔与该任一时间间隔的在后时间间隔进行求和以得到合并间隔,并基于合并间隔与序列均值之间的差异确定该任一时间间隔是否属于第二预定类别,如果是,则将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔合并为一个时间间隔。第二预定类别例如可以表征针对异位心搏的时间间隔。

[0067] 例如,对于初始间期序列  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_M\}$ ,根据公式(1)确定M个时间间隔的平均值 $mean(RR)$ 。

$$[0068] \quad mean(RR) = \frac{\sum_{i=1}^M RR_i}{M}$$

公式(1)

[0069]  $RR_i$ 表示第i个时间间隔,i为大于等于1小于等于M的整数。若 $RR_i$ 与 $mean(RR)$ 之间的差异满足公式(2),则认为 $RR_i$ 过大,对应于异位心搏,需要将 $RR_i$ 以及 $RR_{i+1}$ 筛除。在 $i=M$ 的情况下,则仅将 $RR_i$ 筛除。

$$[0070] \quad \frac{RR_i}{mean(RR)} > a$$

公式(2)

[0071] 公式(2)中,a为预置参数,可以根据需要进行调整,原则上需要保证该预置参数大于1,本例中 $a=1.8$ 。

[0072] 此外,若合并间隔( $RR_{i-1}+RR_i$ )与 $mean(RR)$ 之间的差异满足公式(3),即( $RR_{i-1}+RR_i$ )比 $RR_{i-1}$ 更接近 $mean(RR)$ 且( $RR_{i-1}+RR_i$ )比 $RR_i$ 更接近 $mean(RR)$ ,则认为 $RR_{i-1}$ 和 $RR_i$ 均过小,在两个正常心搏之间可能插入了一个误识别的心搏,需要将这两个相邻RR值(即 $RR_{i-1}$ 和 $RR_i$ )合

并为一个RR间期。

$$[0073] \quad \begin{cases} |(RR_{i-1} + RR_i) - \text{mean}(RR)| < |RR_{i-1} - \text{mean}(RR)| \\ |(RR_{i-1} + RR_i) - \text{mean}(RR)| < |RR_i - \text{mean}(RR)| \end{cases}$$

公式 (3)

[0074] 公式 (3) 中,  $i$  为大于1且小于等于  $M$  的整数。

[0075] 经过上述筛选和合并两步操作, 重新组成新的间期序列, 用  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_N\}$  表示, 单位为秒 (s), 包括  $N$  个时间间隔, 也可称为包括  $N$  个心搏长度,  $N$  小于等于  $M$ 。

[0076] 此外, 示例性地, 上述对包含  $M$  个时间间隔的初始间期序列进行预处理, 以得到包含  $N$  个时间间隔的间期序列的过程可以按照如下方式进行。

[0077] 一方面, 对于  $M$  个时间间隔中的任一时间间隔, 如果该任一时间间隔与该任一时间间隔的在前时间间隔的比值大于第二数值、且该任一时间间隔的在后时间间隔与该任一时间间隔的比值大于第三数值, 则从初始间期序列中将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛选。另一方面, 对于  $M$  个时间间隔中的任一时间间隔, 如果该任一时间间隔与该任一时间间隔的在前时间间隔的比值大于第四数值、且该任一时间间隔的在后时间间隔与该任一时间间隔的比值小于第五数值, 则从初始间期序列中将该任一时间间隔以及该任一时间间隔的在后时间间隔筛选。其中, 第二数值小于第三数值, 第四数值大于第五数值。

[0078] 例如, 对于初始间期序列  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_M\}$  中的时间间隔  $RR_i$ , 若  $RR_i$  满足公式 (4), 则认为  $RR_i$  对应于早搏 (premature beat), 属于异位心搏, 需要将  $RR_i$  以及  $RR_{i+1}$  筛选。如果  $i = M$ , 则仅将  $RR_i$  筛选。

$$[0079] \quad \begin{cases} \frac{RR_i}{RR_{i-1}} > b \\ \frac{RR_{i+1}}{RR_i} > c \end{cases}$$

公式 (4)

[0080] 公式 (4) 中,  $i$  为大于1且小于  $M$  的整数。  $b$  为第二数值,  $c$  为第三数值,  $b$  小于  $c$ , 可以根据需要进行设置。本例中  $b=0.9, c=1.6$ 。

[0081] 此外, 若  $RR_i$  满足公式 (5), 则认为  $RR_i$  对应于逸搏 (escape beat), 也属于异位心搏, 需要将  $RR_i$  以及  $RR_{i+1}$  筛选。如果  $i = M$ , 则仅将  $RR_i$  筛选。

$$[0082] \quad \begin{cases} \frac{RR_i}{RR_{i-1}} > d \\ \frac{RR_{i+1}}{RR_i} < e \end{cases}$$

公式 (5)

[0083] 公式 (5) 中,  $i$  为大于1且小于  $M$  的整数。  $d$  为第四数值,  $e$  为第五数值,  $d$  大于  $e$ , 可以根据需要进行设置。本例中  $d=1.3, e=0.6$ 。

[0084] 经过上述筛选异位心搏后, 重新组成新的间期序列, 用  $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_N\}$  表示, 单

位为秒,包括N个时间间隔,也可称为N个心搏长度, $N \leq M$ 。

[0085] 可以理解,经过上述各实施例的预处理过程,所得到的间期序列排除了异位心搏对于心电信号分类过程的干扰,能够有效提升后续分类精确度。需要说明的是,上述两个实施例中将 $RR_i$ 与 $RR_{i+1}$ 一同删除的原因是:在确定 $RR_i$ 对应于异位心搏后,通常 $RR_{i+1}$ 也会因受到 $RR_i$ 的影响而有异于正常的心搏长度,例如 $RR_{i+1}$ 为代偿间歇(compensatory pause),故可以将二者一同删除。

[0086] 图3示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理方法的流程图,用于示例性地对图1所示的步骤S130的实施过程进行说明。

[0087] 如图3所示,步骤S130基于符号动力学,将间期序列转换为符号值序列的过程可以包括如下子步骤S131~S133。

[0088] 在子步骤S131,计算间期序列中每个时间间隔所针对的瞬时心率,以得到瞬时心率序列。

[0089] 然后,在子步骤S132,对瞬时心率序列中的多个瞬时心率分别进行第一编码,以得到多个编码符号,并由该多个编码符号组成符号序列。

[0090] 接着,在子步骤S133,对符号序列中的多个编码符号分别进行第二编码,以得到多个符号值,并由多个符号值组成符号值序列。

[0091] 例如,对于间期序列 $\{RR_1, RR_2, \dots, RR_N\}$ ,计算时间间隔 $RR_i$ 所针对的瞬时心率 $HR_i = 60/RR_i$ ,单位为bpm(beats per minute),表示每分钟心搏次数, $i$ 为大于等于1且小于等于N的整数。由此得到瞬时心率序列 $\{HR_1, HR_2, \dots, HR_N\}$ 。

[0092] 示例性地,上述对瞬时心率序列中的多个瞬时心率分别进行编码,以得到多个编码符号的过程可以按照如下方式进行。

[0093] 对于所述瞬时心率序列中的任一瞬时心率,基于该任一瞬时心率的数值,对该任一瞬时心率进行分类。当该任一瞬时心率属于第一分类时,将预定符号作为该任一瞬时心率的编码符号。当该任一瞬时心率属于第二分类时,计算该任一瞬时心率与第一数值的比值,并将所得到的比值作为该任一瞬时心率的编码符号。

[0094] 例如,上述基于该任一瞬时心率的数值,对该任一瞬时心率进行分类的过程可以是:当该瞬时心率的数值大于等于预定数值时,确定该瞬时心率属于第一分类,当该瞬时心率的数值小于预定数值时,确定该瞬时心率属于第二分类。可以根据公式(6)对瞬时心率序列 $\{HR_1, HR_2, \dots, HR_N\}$ 中的瞬时心率 $HR_i$ 进行第一编码,以得到 $HR_i$ 的编码符号 $SY_i$ ,本例中通过两位数字表示该编码符号 $SY_i$ 。

$$[0095] \quad SY_i = \begin{cases} \frac{f}{g}, & HR_i \geq f \\ \left[ \frac{HR_i}{g} \right], & HR_i < f \end{cases}$$

公式(6)

[0096] 其中, $f$ 为上述对每个瞬时心率进行分类的预定数值, $g$ 为第一数值,预定数值与第一数值之间的比值为本例中的预定符号。上述参数可以根据实际需要进行设置。本例中, $f = 315, g = 5$ ,预定符号为63。 $[\ ]$ 表示四舍五入取整操作, $0 \leq SY_i \leq 63$ 。经过上述第一编码过程,将瞬时心率序列 $\{HR_1, HR_2, \dots, HR_N\}$ 转换为符号序列 $\{SY_1, SY_2, \dots, SY_N\}$ 。

[0097] 示例性地,上述对符号序列中的多个编码符号分别进行第二编码,以得到多个符号值的过程可以按照如下方式进行:对于符号序列中的任一编码符号,计算该任一编码符号的在前编码符号、该任一编码符号、以及该任一编码符号的在后编码符号的加权和,并将所得到的加权和作为针对该任一编码符号的符号值。

[0098] 例如,可以根据公式(7)对符号序列 $\{SY_1, SY_2, \dots, SY_N\}$ 中的编码符号 $SY_i$ 进行第二编码,以得到编码符号 $SY_i$ 所针对的符号值 $SYV_i$ 。该第二编码过程也可称为符号值模板化过程。

[0099]  $SYV_i = SY_{i-1} \times h_1 + SY_i \times h_2 + SY_{i+1} \times h_3$  公式(7)

[0100]

[0101] 公式(7)中, $i$ 为大于0且小于 $N$ 的整数。 $h_1$ 、 $h_2$ 和 $h_3$ 分别表示第一权重、第二权重和第三权重,可以根据实际需要对 $h_1$ 、 $h_2$ 和 $h_3$ 进行设置。本例中, $h_1 = 2^{12}$ ,  $h_2 = 2^6$ ,  $h_3 = 1$ 。例如对于符号序列 $\{01, 20, 13\}$ ,编码符号“20”所针对的符号值等于 $SYV = 01 \times 4096 + 20 \times 64 + 13$ ,  $0 \leq SYV_i \leq 262143$ 。经过上述第二编码过程,将符号序列 $\{SY_1, SY_2, \dots, SY_N\}$ 转换为符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 。

[0102] 图4示意性示出了根据本公开实施例的间期序列转换为符号值序列的过程的示例示意图。

[0103] 如图4所示,4-1为间期序列的示例示意图,展示了从第1个时间间隔至第61个时间间隔的幅值变化。4-2为瞬时心率序列的示例示意图,展示了从第1个瞬时心率至第61个瞬时的幅值变化。4-3为符号序列的示例示意图,展示了从第1个编码符号至第61个编码符号的幅值变化。4-4为符号值序列的示例示意图,展示了从第2个符号值至第60个符号值的幅值变化。

[0104] 由图4可以看出从间期序列到符号值序列的符号化转换过程,其中时间间隔的取值范围是连续的,而符号值的取值范围是有限的。其基本思想是将无关细节信息去除,将数据在离散值上进行分类,把本来具有很多可能性的时间间隔数据转换为有限个数的符号值。从而保留心电信号的大尺度特征,丢弃了无关噪声的干扰,有利于后续基于符号值序列的香农熵对心电信号进行分类的进行。

[0105] 根据本公开的实施例,上述确定符号值序列的香农熵的过程可以按照如下方式进行。

[0106] 预设多个符号值区间。然后,对于多个符号值区间中的任一符号值区间,计算符号值序列中落入该任一符号值区间的符号值的数量与符号值序列中符号值的数量之间的比例,并将该比例作为符号值序列关于该任一符号值区间的分布概率。接着,基于符号值序列关于预设的多个符号值区间各自的分布概率,确定符号值序列的香农熵。

[0107] 例如,基于上文中的公式(7),符号值的最小取值为0,最大取值为262143。将 $[0, 262143]$ 的取值空间称为符号值空间(SYV空间)中,以2048为间隔可以将该SYV空间划分为128个符号值区间,作为预设的128个符号值区间。如第一个符号值区间为 $[0, 2047]$ ,第二个符号值区间为 $[2048, 4095]$ ,以此类推,不再赘述。或者,在另一个例子中,对于SYV空间 $[0, 262143]$ ,以4096为间隔可以将该SYV空间划分为64个符号值区间,作为预设的64个符号值区间。随着符号值空间范围的不同,划分间隔的不同,可以预设不同数量的符号值区间,在此不做限制。

[0108] 例如,预设Q个符号值区间,符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 中落入第j个符号值区间的符号值的数量为 $n_j$ ,符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 所包含的符号值总数量为N,则计算比例 $p_j = n_j/N$ ,将 $p_j$ 作为该符号值序列关于第j个符号值区间的分布概率。其中,j为大于等于1且小于等于Q的整数, $n_j \leq N$ 。然后可以基于符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 关于预设的Q个符号值区间各自的分布概率,确定该符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 的香农熵。

[0109] 根据本公开的实施例,为了更准确地适配于心电信号的分类问题,对香农熵的定义进行了修正。示例性地,上述基于符号值序列关于多个符号值区间各自的分布概率,确定符号值序列的香农熵的过程可以按照如下方式进行。

[0110] 一方面,基于符号值序列关于多个符号值区间各自的分布概率,计算符号值序列关于多个符号值区间的分布期望。另一方面,基于符号值序列中符号值的数量和多个符号值区间的数量,确定增益系数。然后,基于上述分布期望和增益系数,确定符号值序列的香农熵。

[0111] 仍以上文中的示例为例,符号值区间的数量为Q,符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 关于第j个符号值区间的分布概率为 $p_j$ ,可以根据公式(8)计算该符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 的香农熵SE。

$$SE = -\frac{N}{Q \times \log_2 Q} \sum_{i=1}^Q p_i \times \log_2 p_i$$

公式(8)

[0113] 其中, $\frac{N}{Q \times \log_2 Q}$ 为增益系数, $-\sum_{i=1}^Q p_i \times \log_2 p_i$ 为符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 关于Q个符号值区间的分布期望。

[0114] 根据本公开的实施例,在计算得到符号值序列的香农熵之后,可以通过比较该香农熵的数值和第一预定阈值ThSe之间的大小关系来确定心电信号的类别。

[0115] 示例性地,上述基于香农熵的数值,对心电信号进行分类的过程可以包括:当香农熵的数值大于第一预定阈值时,确定心电信号属于第一预定类别。对于心电信号来说,当针对该心电信号的符号值序列的香农熵较小时,表征该心电信号的波动较为稳定,针对该心电信号的符号值序列的香农熵越大,表征该心电信号的波动越不稳定,通常情况下,不稳定的心电波动可能是由一些疾病导致的。本实施例中以第一预定阈值(也可称为“香农熵阈值”)为分界,判定心电信号是否属于第一预定类别。示例性地,第一预定类别可以与某类疾病具有相关性,例如第一预定类别与房颤(atrial fibrillation, AF)具有相关性。

[0116] 符号值序列的长度N和香农熵阈值ThSe这两个值的设置会直接影响分类结果的准确度。香农熵阈值过低会导致将一些正常心电信号划分至第一预定类别,香农熵过高则会导致对于一些异常心电信号的不敏感。符号值序列的长度选取不当不仅会造成分类结果不准确,符号值序列太长还会影响算法的实时性和复杂度。经过参数调优,例如可以将香农熵阈值ThSe设置在0.2~0.5的范围内,符号值序列的长度N可以设置在15~60的范围内,此时能兼顾灵敏度和准确度。并且,可以仅利用一分钟左右的心电信号数据即可实现对于心电信号的分类,以获知心电信号与某类疾病(例如房颤)的相关性,从而为临床监护和远程医疗等场景提供协助。

[0117] 进一步地,在确定所获取的心电信号属于第一预定类别之后,还可以通过如下投票决策机制更精确地定位心电信号中属于第一预定类别的心搏位置所在。

[0118] 示例性地,根据本公开实施例的心电信号处理方法还可以包括以下方式。

[0119] 首先,设置滑动窗口,滑动窗口的长度需要小于符号值序列的长度。将滑动窗口在符号值序列中从前至后进行滑动,以从符号值序列中提取出多个符号值子序列。其中,滑动窗口的每次滑动步长为1个符号值。然后,对于提取出的多个符号值子序列中的任一符号值子序列,确定该任一符号值子序列的香农熵,当该任一符号值子序列的香农熵大于第一预定阈值时,将该任一符号值子序列中的每个符号值的评分增加预定分值,该预定分值可以根据需要进行设置,在此不做限制。接着,在滑动窗口滑动结束后,确定符号值序列中的每个符号值的总评分,并确定总评分大于第二预定阈值的符号值属于第一预定类别。

[0120] 图5示意性示出了根据本公开实施例的投票决策的过程的示例示意图。

[0121] 如图5所示,本例中滑动窗口的长度为20,即对应于20个符号值的长度。符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 的长度 $N$ 大于20。将滑动窗口在符号值序列中从前至后进行滑动,提取出多个符号值子序列。如第1个符号值子序列为 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_{20}\}$ ,第2个符号值子序列为 $\{SYV_2, SYV_3, \dots, SYV_{21}\}$ ,第3个符号值子序列为 $\{SYV_3, SYV_4, \dots, SYV_{22}\}$ ,以此类推,不再赘述。

[0122] 分别计算所提取出的每个符号值子序列的香农熵,计算方式与上文中计算符号值序列的香农熵的方式原理相同,上文中已详细说明,在此不再赘述。例如预定分值为1。例如,计算第1个符号值子序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_{20}\}$ 的香农熵为 $SE_1$ ,如果 $SE_1$ 大于第一预定阈值 $Th_{Se}$ ,则将该符号值子序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_{20}\}$ 中的每个符号值的评分加1。其中,符号值 $SYV_i$ 的评分以 $AF_i$ 表示。如果 $SE_1$ 小于等于第一预定阈值 $Th_{Se}$ ,则该符号值子序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_{20}\}$ 中的每个符号值的评分维持不变。在计算完成所有符号值子序列的香农熵并进行评分后,可以得到符号值序列 $\{SYV_1, SYV_2, \dots, SYV_N\}$ 中每个符号值的总评分。当一个符号值的总评分大于第二预定阈值时,确定该符号值属于第一预定类别,表征该符号值所针对的心搏属于第一预定类别,例如该心搏与房颤具有相关性。本例中,第二预定阈值设置为12,在其他例子中,可以根据需要对第二预定阈值进行设置,原则上保证第二预定阈值小于等于滑动窗口的长度即可。

[0123] 本领域技术人员可以理解,根据本公开实施例的心电信号处理方法不仅可以对心电信号进行分类,还可以通过投票决策机制更加精确地定位心电信号中属于第一预定类别的心搏位置所在,对于医学诊断和监测等领域均具有重大意义。

[0124] 一些情况下,由于人体运动以及人体与外部联系等,会造成心电信号被噪声所干扰,给心电信号处理带来困难。例如,由被测对象的呼吸、电极移动等低频干扰所引起的基线漂移,导致实际测量中心电信号偏离正常的基线位置,出现上下缓慢波动变化的现象。心电信号本身含有丰富的低频成分,基线漂移会掩盖有用信息,影响针对心电信号的分析、识别、分类、定位等的准确性。根据本公开的实施例,在获取到心电信号之后,可以去除心电信号中的基线漂移噪声。可以采用各种方式进行基线漂移噪声的去除,例如自适应滤波法、卡尔曼滤波法、小波变换法等等,在此不做限制。本例中采用中值滤波法来快速有效地抑制基线漂移。

[0125] 根据本公开实施例的心电信号处理方法,可针对单导联心电信号进行处理从而得

到关于心搏是否异常的分类结果,不必基于多导联心电信号中的复杂信号进行处理,十分简单可靠。

[0126] 图6A示意性示出了根据本公开实施例的心电信号处理过程的示例示意图。图6B示意性示出了根据本公开另一实施例的心电信号处理过程的示例示意图。需要说明的是,图6A和图6B所示的心电信号处理过程仅作为示例以利于理解本公开,本公开对此不做限定。

[0127] 如图6A和图6B所示,该心电信号处理过程可以包括步骤S601~S610。

[0128] 在步骤S601,获取原始心电信号。

[0129] 在步骤S602,对原始心电信号进行预处理,以去除基线漂移噪声,从而得到预处理后的心电信号。

[0130] 在步骤S603,识别心电信号中的R波。

[0131] 在步骤S604,提取初始RR间期序列。

[0132] 在步骤S605,处理初始RR间期序列中的异位心搏,以得到RR间期序列。

[0133] 在步骤S606,计算瞬时心率序列。

[0134] 在步骤S607,进行符号转换,以得到符号序列。

[0135] 在步骤S608,进行符号值模板化,以得到符号值序列。

[0136] 在步骤S609,计算符号值序列的香农熵。

[0137] 在步骤S610,基于第一预定阈值,对香农熵进行阈值判别,从而根据判别结果确定心电信号所属的类别,并进行标注,例如第一预定类别与房颤相关,则对于确定属于第一预定类别的心电信号可标注为“房颤相关”。然后再重复步骤S601,直至全部心电信号标注完毕。

[0138] 如图6B所示,心电处理过程在步骤S610后,还进一步包括步骤S611,进行投票决策,以在属于第一预定类别的心电信号内部定位异常心搏,从而进行更具体的标注。例如在确定属于第一预定类别的心电信号内的一个或多个心搏位置处可标注为“房颤相关”。投票决策在上文中已详细说明,在此不再赘述。然后再重复步骤S601,直至全部心电信号标注完毕。

[0139] 可以理解,本公开实施例在对心电信号进行处理的过程中结合和符号动力学和自定义的香农熵,对于与某类疾病相关的心电特征较为敏感,且算法复杂度不高,无需训练分类器,有效提高了心电信号监测过程中对于心电信号的分类、以及对于心电信号内部异常心搏的定位的准确性和实时性。

[0140] 图7示意性示出了根据本公开实施例的心电信号处理装置的框图。

[0141] 如图7所示,心电信号处理装置700可以包括:获取模块710、确定模块720、转换模块730、熵计算模块740以及分类模块750。

[0142] 获取模块710用于获取心电信号,心电信号包括多个指定波。

[0143] 确定模块720用于确定针对心电信号中多个指定波的间期序列。

[0144] 转换模块730用于基于符号动力学,将间期序列转换为符号值序列。

[0145] 熵计算模块740用于确定符号值序列的香农熵。

[0146] 分类模块750用于基于香农熵的数值,对心电信号进行分类。

[0147] 需要说明的是,上述装置部分实施例中各模块/单元/子单元等的实施方式、解决的技术问题、实现的功能、以及达到的技术效果分别与方法部分实施例中各对应的步骤的



实施方式、解决的技术问题、实现的功能、以及达到的技术效果相同或类似,在此不再赘述。

[0148] 根据本公开的实施例的模块、子模块、单元、子单元中的任意多个、或其中任意多个的至少部分功能可以在一个模块中实现。根据本公开实施例的模块、子模块、单元、子单元中的任意一个或多个可以被拆分成多个模块来实现。根据本公开实施例的模块、子模块、单元、子单元中的任意一个或多个可以至少被部分地实现为硬件电路,例如现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑阵列(PLA)、片上系统、基板上的系统、封装上的系统、专用集成电路(ASIC),或可以通过对电路进行集成或封装的任何其他的合理方式的硬件或固件来实现,或以软件、硬件以及固件三种实现方式中任意一种或以其中任意几种的适当组合来实现。或者,根据本公开实施例的模块、子模块、单元、子单元中的一个或多个可以至少被部分地实现为计算机程序模块,当该计算机程序模块被运行时,可以执行相应的功能。

[0149] 图8示意性示出了根据本公开的实施例的适于实现上文描述的方法的电子设备的框图。图8示出的电子设备仅仅是一个示例,不应对本公开实施例的功能和使用范围带来任何限制。

[0150] 如图8所示,电子设备800包括一个或多个处理器810以及计算机可读存储介质820。该电子设备800可以执行根据本公开实施例的方法。

[0151] 例如,处理器810例如可以包括通用微处理器、指令集处理器和/或相关芯片组和/或专用微处理器(例如,专用集成电路(ASIC)),等等。处理器810还可以包括用于缓存用途的板载存储器。处理器810可以是用于执行根据本公开实施例的方法流程的不同动作的单一处理单元或者是多个处理单元。

[0152] 计算机可读存储介质820,例如可以是非易失性的计算机可读存储介质,具体示例包括但不限于:磁存储装置,如磁带或硬盘(HDD);光存储装置,如光盘(CD-ROM);存储器,如随机存取存储器(RAM)或闪存;等等。

[0153] 计算机可读存储介质820可以包括计算机程序821,该计算机程序821可以包括代码/计算机可执行指令,其在由处理器810执行时使得处理器810执行根据本公开实施例的方法或其任何变形。

[0154] 计算机程序821可被配置为具有例如包括计算机程序模块的计算机程序代码。例如,在示例实施例中,计算机程序821中的代码可以包括一个或多个程序模块,例如包括821A、模块821B、……。应当注意,模块的划分方式和个数并不是固定的,本领域技术人员可以根据实际情况使用合适的程序模块或程序模块组合,当这些程序模块组合被处理器810执行时,使得处理器810可以执行根据本公开实施例的方法或其任何变形。

[0155] 本公开还提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质可以是上述实施例中描述的设备/装置/系统中所包含的;也可以是单独存在,而未装配入该设备/装置/系统中。上述计算机可读存储介质承载有一个或者多个程序,当上述一个或者多个程序被执行时,实现根据本公开实施例的方法。

[0156] 根据本公开的实施例,计算机可读存储介质可以是非易失性的计算机可读存储介质,例如可以包括但不限于:便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、便携式紧凑磁盘只读存储器(CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本公开中,计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质,该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或

者与其结合使用。

[0157] 尽管已经参照本公开的特定示例性实施例示出并描述了本公开,但是本领域技术人员应该理解,在不背离所附权利要求及其等同物限定的本公开的精神和范围的情况下,可以对本公开进行形式和细节上的多种改变。因此,本公开的范围不应该限于上述实施例,而是应该不仅由所附权利要求来进行确定,还由所附权利要求的等同物来进行限定。

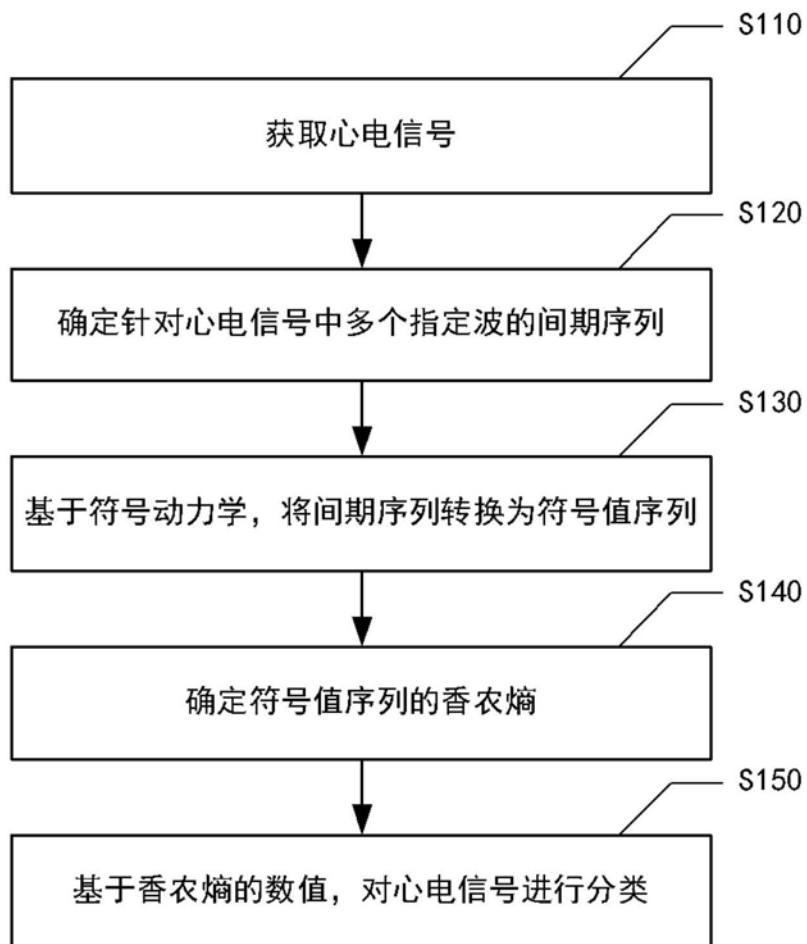


图1

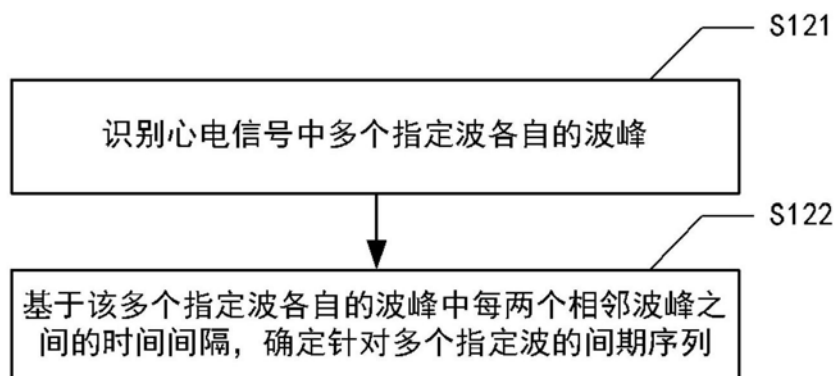


图2A

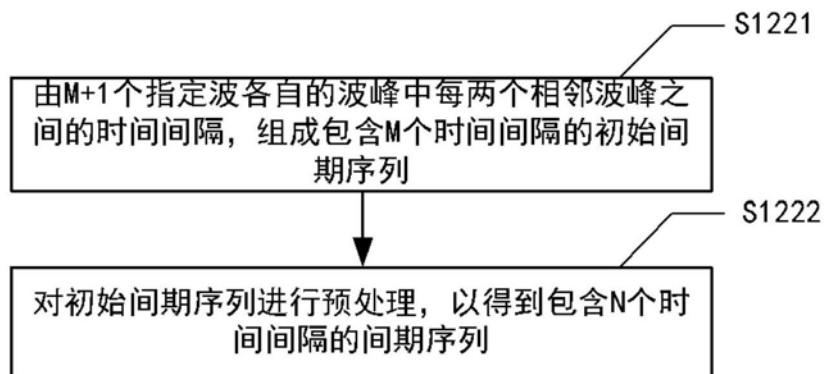


图2B

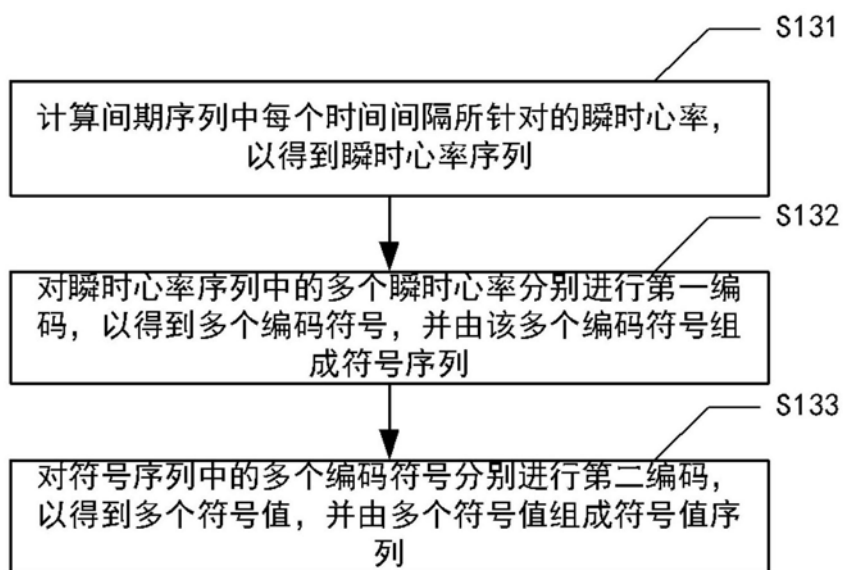


图3

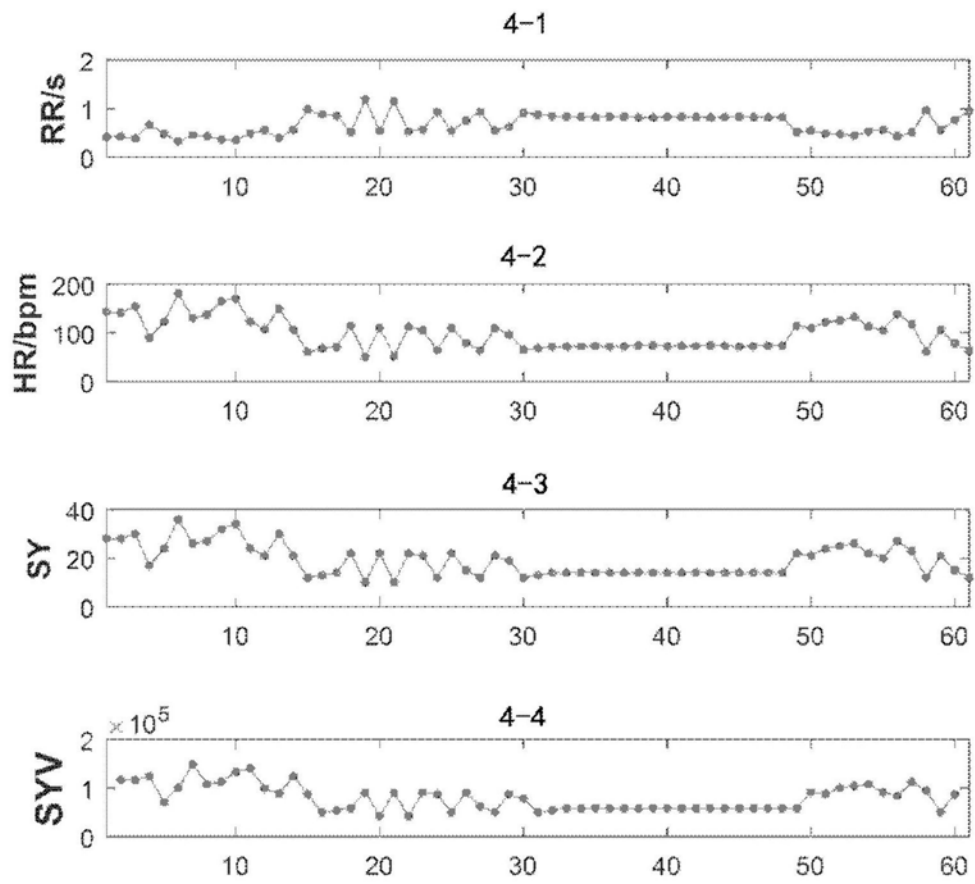


图4

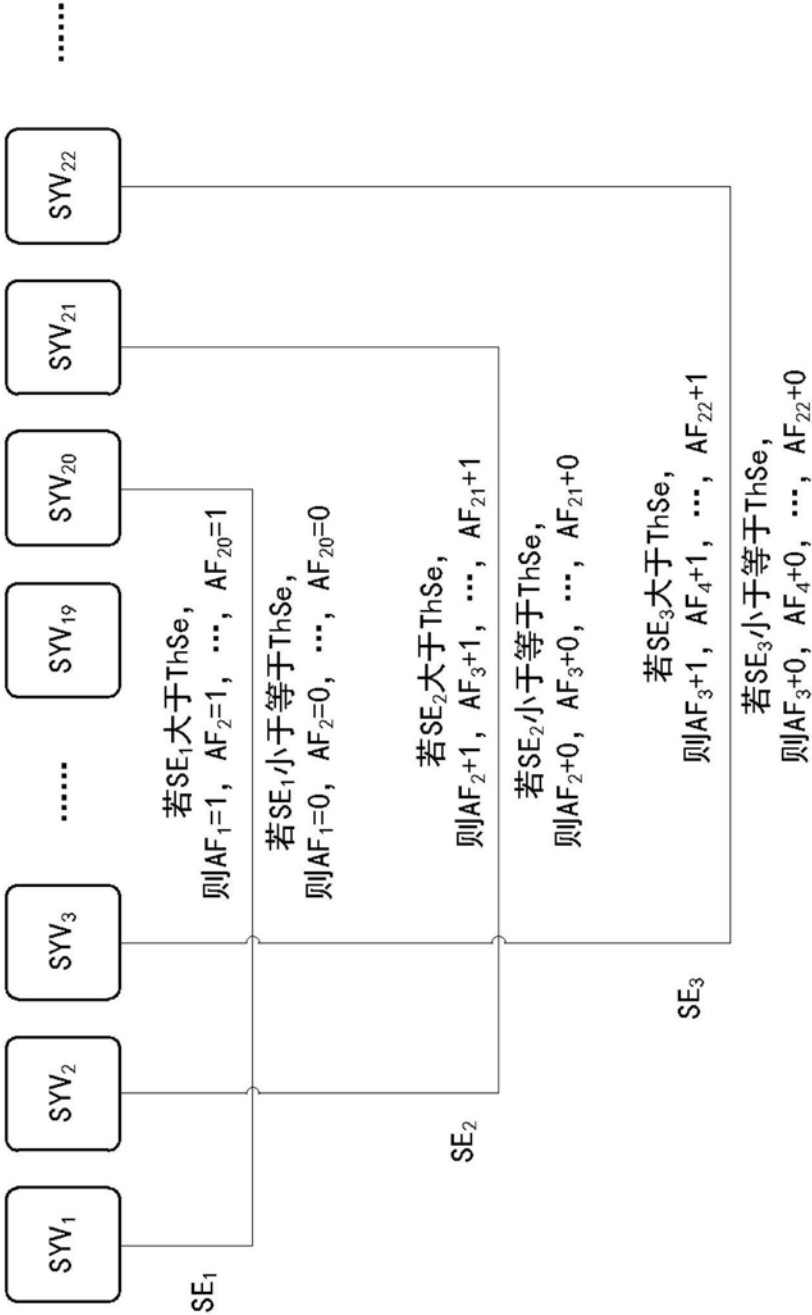


图5

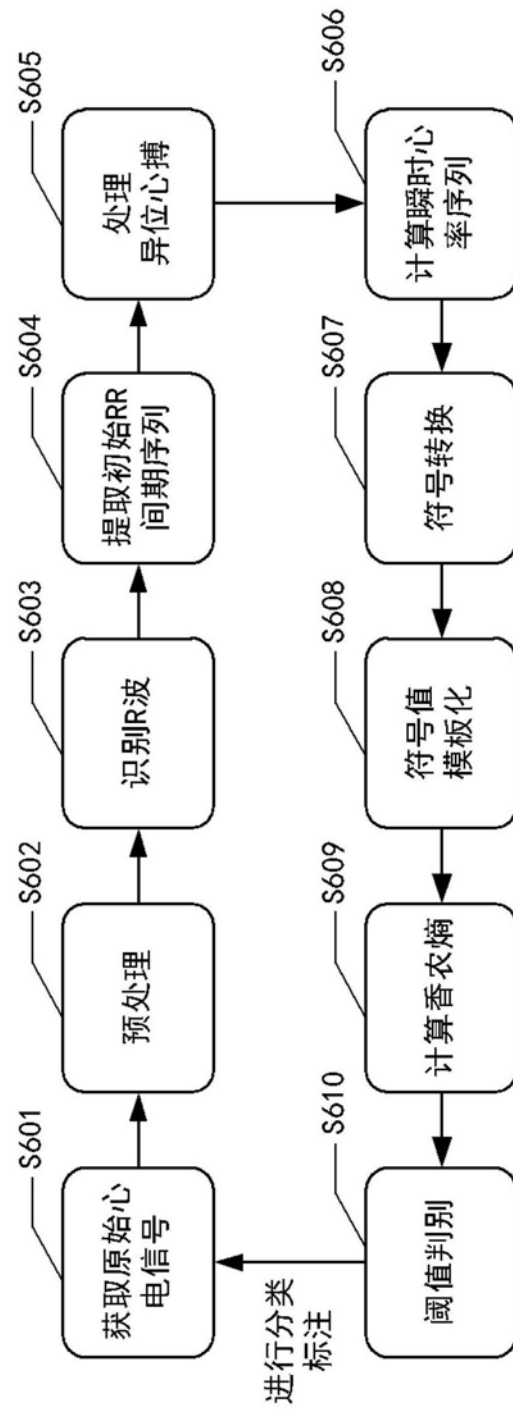


图6A

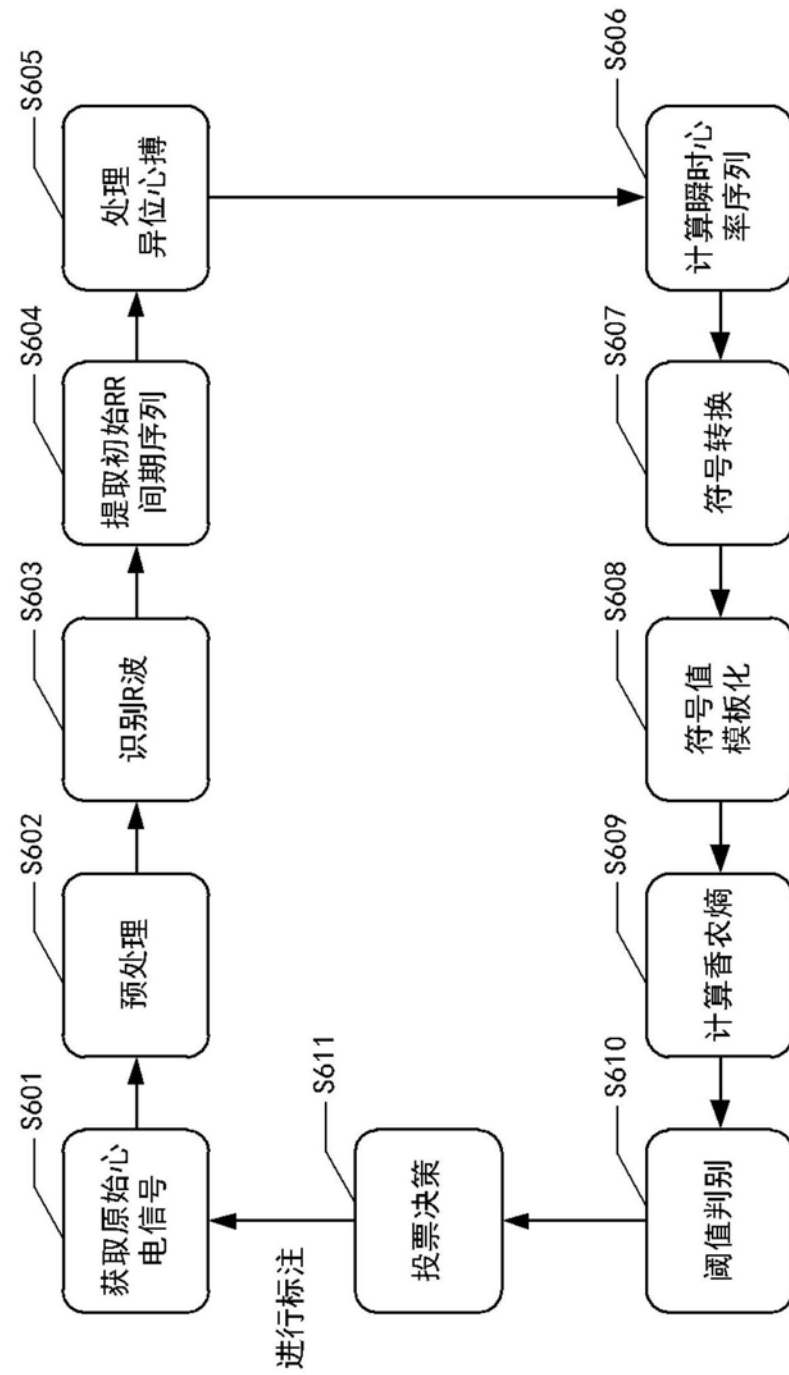


图6B



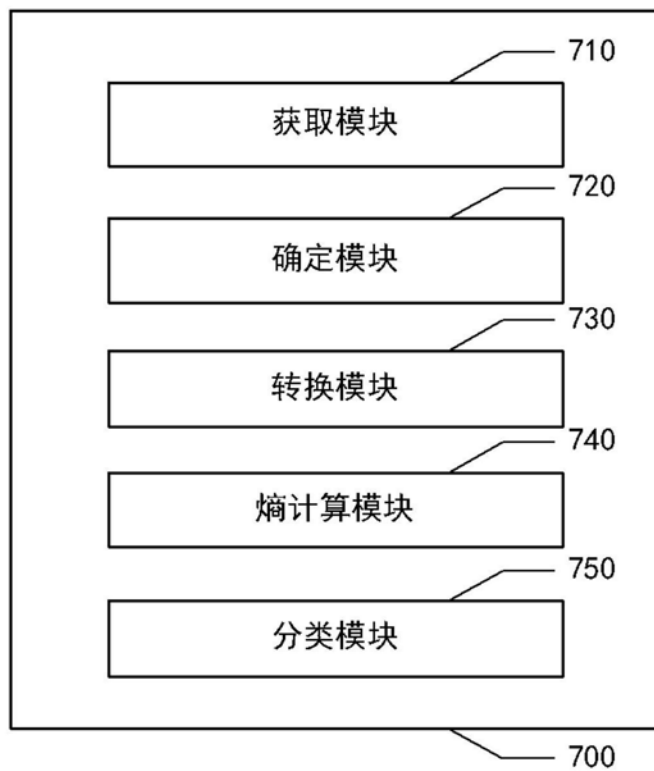


图7

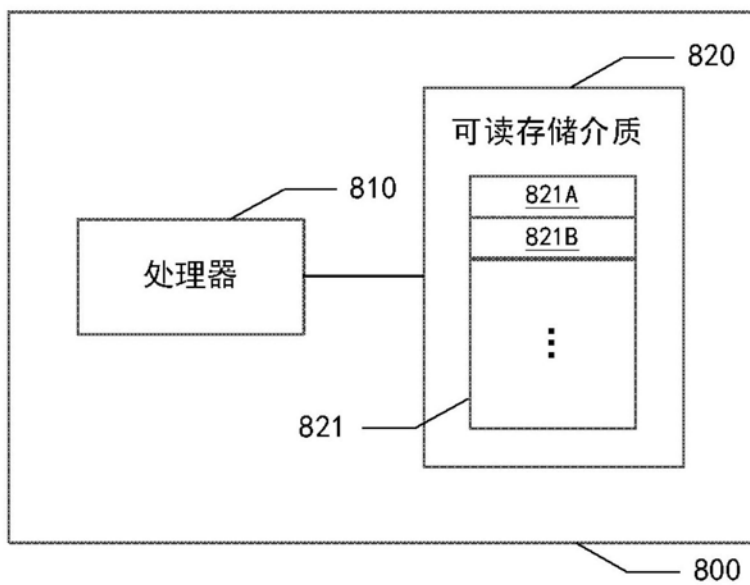


图8

专利名称(译)	心电信号处理方法、心电信号处理装置和电子设备		
公开(公告)号	<a href="#">CN110840443A</a>	公开(公告)日	2020-02-28
申请号	CN201911211864.7	申请日	2019-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
[标]发明人	孟桂芳		
发明人	孟桂芳		
IPC分类号	A61B5/0402 A61B5/00 G06K9/00		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/0402 A61B5/7235 A61B5/7267 G06K9/0053 G06K9/00536		
代理人(译)	杨静		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本公开提供了一种心电信号处理方法、装置以及电子设备。该心电信号处理方法包括：获取心电信号，该心电信号包括多个指定波。然后确定针对上述多个指定波的间期序列。基于符号动力学，将间期序列转换为符号值序列，并确定符号值序列的香农熵。接着基于符号值序列的香农熵的数值，对所获取的心电信号进行分类。

