



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106510619 A

(43)申请公布日 2017. 03. 22

(21)申请号 201610888617.0

(22)申请日 2016.10.11

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 高忠科 蔡清 杨宇轩 党伟东

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 杜文茹

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/0402(2006.01)

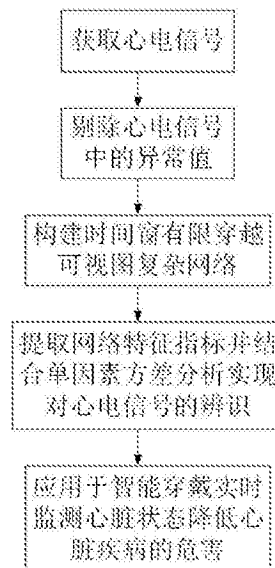
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用

(57)摘要

基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用:构建时间窗有限穿越可视图复杂网络,并提取网络特征指标;获得长度为Q的心电信号,对心电信号进行时间窗划分,从而获得N组长度为M的时间窗心电信号;对于每一个获得的时间窗心电信号构建有限穿越可视图复杂网络;计算每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的特征指标;结合单因素方差分析和T检验检验不同类型心电信号的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标下的显著性差异。本发明应用于智能穿戴设备,实现对使用者心脏状态的实时监测,并可提供必要的预警。本发明实现对健康心电信号与患病心电信号准确辨识以及不同类型心脏病的区分,在心脏疾病分析及心脏疾病发作远程报警方面有很大的应用潜力。



1. 一种基于复杂网络的心电信号分析方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 构建时间窗有限穿越可视图复杂网络,并提取网络特征指标,包括如下步骤:

(1) 获得长度为Q的心电信号 $\{x_i\}_{i=1}^Q$,对所述心电信号 $\{x_i\}_{i=1}^Q$ 进行时间窗划分,从而获得N组长度为M的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M, n=1,2,\dots,N$

$$y_{n,j} = X((n-1)M+j)$$

其中, $y_{n,j}$ 表示第n个时间窗心电信号的第j个节点,M表示设定的时间窗长度,

$$N = \left\lfloor \frac{Q}{M} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{Q}{M} \right\rfloor \text{表示对 } \frac{Q}{M} \text{ 取整};$$

(2) 对于每一个获得的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 构建有限穿越可视图复杂网络;

2) 计算每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的特征指标,包括:

计算全局聚集系数C:

$$C = \frac{\tau_{\Delta}}{\tau}$$

计算局部聚集系数均值 $\bar{C}$:

$$C_j = \frac{\tau_{j,\Delta}}{\tau_j}$$

$$\bar{C} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M C_j$$

计算聚集系数熵 E_C :

$$E_C = - \sum_{j=1}^M \left[C(j) / \sum_{j=1}^M C(j) \right] \log \left[C(j) / \sum_{j=1}^M C(j) \right]$$

其中, τ_{Δ} 表示的是一个可视图网络中闭三元组的数目,一个三角由三个封闭的三元组构成, τ 表示一个可视图网络中的开三元组数目,开三元组即为三个节点由两条连边连接, τ_j 表示一个可视图网络中以节点j为中心的开三元组数目, $\tau_{j,\Delta}$ 表示的是一个可视图网络中以节点j为中心的闭三元组数目, $C(j)$ 表示的是节点j的聚集系数,M表示网络的节点数;

计算节点度值的偏差值 K_{std} :

$$K_{std} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (k_j - \bar{k})^2}{M-1}}$$

$$\bar{k} = \frac{\sum_{j=1}^M k_j}{M}$$

其中, k_j 表示节点j的度值,即节点j的连边数,M表示网络的节点数;

3) 结合单因素方差分析和T检验检验不同类型心电信号的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标下的显著性差异

根据步骤1) 和步骤2) 得到三类心电数据,即:五个健康人一天时间的心电数据、五个患有充血性心衰心脏疾病的患者一天时间的心电数据和五个患有心房颤动疾病的患者一天

时间的心电数据的时间窗有限穿越可视图复杂网络的四个指标,所述四个指标包括全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_C 和节点度值的偏差值 K_{std} ,采用单因素方差分析评估不同类型心电数据同一指标的显著性差异 P 值,当 $P < 0.05$ 时,表示不同类型心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上存在显著性差异,然后,再使用 T 检验两两验证不同心电数据所构建的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上的显著性差异 P 值,当 $P < 0.05$ 时,表示两两验证中的两类心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上存在显著性差异;

4) 采用留一法交叉验证和随机森林分类器,对所有的四维指标向量进行分类,是将步骤2)中得到的每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_C 和节点度值的偏差值 K_{std} 构成一个四维指标向量,采用留一法交叉验证和随机森林分类器,对所有的四维指标向量进行分类,即依次将一个四维指标向量作为测试集,将其余的指标向量作为训练集,并提供对应的训练集标签,遍历所有的四维指标向量作为测试集,其余的指标向量作为训练集后,从而得到所有的四维指标向量的分类结果。

2. 根据权利要求1所述的基于复杂网络的心电信号分析方法,其特征在于,步骤1)中的第(2)步所述的构建有限穿越可视图复杂网络,包括对每一个长度为 M 的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 完成如下过程:

(2) 对于每一个获得的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 构建有限穿越可视图复杂网络,所述的构建有限穿越可视图复杂网络,包括对每一个长度为 M 的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 完成如下过程:

(i) 设置有限穿越视距为 L ;

(ii) 找出有连边的节点对,具体是找出所有不相邻的两个时间窗心电信号节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间的所有节点,对所有节点中的每一个 $y_{n,c}$ 进行判断是否满足条件: $\frac{y_{n,c} - y_{n,b}}{b - c} < \frac{y_{n,c} - y_{n,a}}{b - a}$, $y_{n,a}$ 表示第 n 个时间窗心电信号的第 a 个节点, $y_{n,b}$ 表示第 n 个时间窗心电信号的第 b 个节点, $y_{n,c}$ 表示第 n 个时间窗心电信号的第 c 个节点,当不满足所述条件的节点数小于等于 L 个,则认定在有限穿越视距为 L 的时间窗有限穿越可视图复杂网络中节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间存在连边,否则认定在有限穿越视距为 L 的时间窗有限穿越可视图复杂网络中节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间不存在连边;

(iii) 所有相邻的节点对之间都存在连边;

(iv) 得到时间窗有限穿越可视图邻接矩阵。

3. 一种权利要求1所述的基于复杂网络的心电信号分析方法在智能穿戴上的应用,其特征在于,基于智能穿戴获取的使用者心电信号,通过时间窗分割心电数据,构建时间窗有限穿越可视图复杂网络,并提取全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_C 和节点度值的偏差值 K_{std} ,采用时间窗分割心电数据,结合基于复杂网络的心电信号分析方法实时分析心电数据,如判断使用者的心电信号出现异常,则通过智能穿戴设备进行远程求救、联系家人的活动,降低心脏病的危害。

基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种心电信号分析方法。特别是涉及一种基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用。

背景技术

[0002] 现代社会,随着老龄化的不断增加,越来越多的人被心脏疾病所困扰。心脏疾病不仅会引起心悸,呼吸困难,胸痛,水肿,心律失常等问题,突发性心脏疾病甚至可以突然夺取患者的生命。近年来,众多的智能穿戴设备在市场上涌现,它们可以对用户的各项数据进行实时监测,例如肌电图、眼电图、心电图、脑电图和心率等。使用智能穿戴记录使用者的心电数据并检测使用者的心脏状态已经成为越来越多人的需求。本发明使用复杂网络心电信号分析方法实现对健康心电信号与患病心电信号有效辨识以及不同类型心脏病的区分,可应用于智能穿戴中实时监测使用者的心脏状态。

[0003] 可视图理论从其被创立之初至今已在多领域得到广泛应用,与之相比有限穿越可视图具有更好的抗噪能力,其已被广泛用于实测信号分析。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,提供一种能够与智能穿戴相结合实现对心脏状态监测的基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:一种基于复杂网络的心电信号分析方法,包括如下步骤:

[0006] 1) 构建时间窗有限穿越可视图复杂网络,并提取网络特征指标,包括如下步骤:

[0007] (1) 获得长度为Q的心电信号 $\{x_i\}_{i=1}^Q$,对所述心电信号 $\{x_i\}_{i=1}^Q$ 进行时间窗划分,从而获得N组长度为M的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M, n=1,2,\dots,N$

[0008] $y_{n,j} = X((n-1)M+j)$

[0009] 其中, $y_{n,j}$ 表示第n个时间窗心电信号的第j个节点,M表示设定的时间窗长度,

$N = \left\lfloor \frac{Q}{M} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{Q}{M} \right\rfloor$ 表示对 $\frac{Q}{M}$ 取整;

[0010] (2) 对于每一个获得的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 构建有限穿越可视图复杂网络;

[0011] 2) 计算每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的特征指标,包括:

[0012] 计算全局聚集系数C:

[0013] $C = \frac{\tau_{\Delta}}{\tau}$

[0014] 计算局部聚集系数均值 $\bar{C}$:

[0015] $C_j = \frac{\tau_{j,\Delta}}{\tau_j}$

$$[0016] \quad \bar{C} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M C_j$$

[0017] 计算聚集系数熵 E_c :

$$[0018] \quad E_c = - \sum_{j=1}^M \left[C(j) / \sum_{j=1}^M C(j) \right] \log \left[C(j) / \sum_{j=1}^M C(j) \right]$$

[0019] 其中, τ_{Δ} 表示的是一个可视图网络中闭三元组的数目,一个三角由三个封闭的三元组构成, τ 表示一个可视图网络中的开三元组数目,开三元组即为三个节点由两条连边连接, τ_j 表示一个可视图网络中以节点j为中心的开三元组数目, $\tau_{j,\Delta}$ 表示的是一个可视图网络中以节点j为中心的闭三元组数目, $C(j)$ 表示的是节点j的聚集系数, M 表示网络的节点数;

[0020] 计算节点度值的偏差值 K_{std} :

$$[0021] \quad K_{std} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (k_j - \bar{k})^2}{M-1}}$$

$$[0022] \quad \bar{k} = \frac{\sum_{j=1}^M k_j}{M}$$

[0023] 其中, k_j 表示节点j的度值,即节点j的连边数, M 表示网络的节点数;

[0024] 3) 结合单因素方差分析和T检验检验不同类型心电信号的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标下的显著性差异。

[0025] 根据步骤1) 和步骤2) 得到三类心电数据,即:五个健康人一天时间的心电数据、五个患有充血性心衰心脏疾病的患者一天时间的心电数据和五个患有心房颤动疾病的患者一天时间的心电数据的时间窗有限穿越可视图复杂网络的四个指标,所述四个指标包括全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_c 和节点度值的偏差值 K_{std} ,采用单因素方差分析评估不同类型心电数据同一指标的显著性差异P值,当 $P < 0.05$ 时,表示不同类型心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上存在显著性差异,然后,再使用T检验两两验证不同心电数据所构建的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上的显著性差异P值,当 $P < 0.05$ 时,表示两两验证中的两类心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上存在显著性差异;

[0026] 4) 采用留一法交叉验证和随机森林分类器,对所有的四维指标向量进行分类,是将步骤2) 中得到的每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_c 和节点度值的偏差值 K_{std} 构成一个四维指标向量,采用留一法交叉验证和随机森林分类器,对所有的四维指标向量进行分类,即依次将一个四维指标向量作为测试集,将其余的指标向量作为训练集,并提供对应的训练集标签,遍历所有的四维指标向量作为测试集,其余的指标向量作为训练集后,从而得到所有的四维指标向量的分类结果。

[0027] 步骤1) 中的第(2)步所述的构建有限穿越可视图复杂网络,包括对每一个长度为 M 的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 完成如下过程:

[0028] (2) 对于每一个获得的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 构建有限穿越可视图复杂网络, 所述的构建有限穿越可视图复杂网络, 包括对每一个长度为M的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 完成如下过程:

[0029] (i) 设置有限穿越视距为L;

[0030] (ii) 找出有连边的节点对, 具体是找出所有不相邻的两个时间窗心电信号节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间的所有节点, 对所有节点中的每一个 $y_{n,c}$ 进行判断是否满足条件:

$$\frac{y_{n,c} - y_{n,b}}{b - c} < \frac{y_{n,a} - y_{n,b}}{b - a}, y_{n,a} \text{ 表示第 } n \text{ 个时间窗心电信号的第 } a \text{ 个节点, } y_{n,b} \text{ 表示第 } n \text{ 个时间窗心电信号的第 } b \text{ 个节点, } y_{n,c} \text{ 表示第 } n \text{ 个时间窗心电信号的第 } c \text{ 个节点, 当不满足所述条件的节点数小于等于 } L \text{ 个, 则认定在有限穿越视距为 } L \text{ 的时间窗有限穿越可视图复杂网络中节点 } y_{n,a} \text{ 和节点 } y_{n,b} \text{ 之间存在连边, 否则认定在有限穿越视距为 } L \text{ 的时间窗有限穿越可视图复杂网络中节点 } y_{n,a} \text{ 和节点 } y_{n,b} \text{ 之间不存在连边;}$$

[0031] (iii) 所有相邻的节点对之间都存在连边;

[0032] (iv) 得到时间窗有限穿越可视图邻接矩阵。

[0033] 一种基于复杂网络的心电信号分析方法在智能穿戴上的应用, 基于智能穿戴获取的使用者心电信号, 通过时间窗分割心电数据, 构建时间窗有限穿越可视图复杂网络, 并提取全局聚集系数C、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_c 和节点度值的偏差值 K_{std} , 采用时间窗分割心电数据, 结合基于复杂网络的心电信号分析方法实时分析心电数据, 如判断使用者的心电信号出现异常, 则通过智能穿戴设备进行远程求救、联系家人的活动, 降低心脏病的危害。

[0034] 本发明的基于复杂网络的心电信号诊断方法及在智能穿戴上的应用, 结合时间窗有限穿越可视图理论, 单因素方差分析、T检验及机器学习, 实现对健康心电信号与患病心电信号准确辨识以及不同类型心脏病的区分, 在心脏疾病分析及心脏疾病发作远程报警方面有很大的应用潜力。本发明可应用于智能穿戴设备, 实现对使用者心脏状态的实时监测, 并可提供必要的预警。

附图说明

[0035] 图1是本发明的基于复杂网络的心电信号诊断方法的流程图;

具体实施方式

[0036] 下面结合实施例和附图对本发明的基于复杂网络的心电信号诊断方法及在智能穿戴上的应用做出详细说明。

[0037] 本发明的基于复杂网络的心电信号诊断方法, 通过时间窗划分可得相同长度的R-R间隔心电信号, 构建时间窗有限穿越可视图复杂网络, 提取复杂网络特征指标, 结合单因素方差分析及机器学习实现对心脏状态的辨识与分类。

[0038] 本发明的基于复杂网络的心电信号诊断方法, 如图1所示, 包括如下步骤:

[0039] 1) 构建时间窗有限穿越可视图复杂网络, 并提取网络特征指标, 包括如下步骤:

[0040] (1) 获得长度为Q的心电信号 $\{x_i\}_{i=1}^Q$, 对所述心电信号 $\{x_i\}_{i=1}^Q$ 进行时间窗划分, 从而获

得N组长度为M的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M, n=1,2,\dots,N$

[0041] $y_{n,j} = X((n-1)M+j)$

[0042] 其中, $y_{n,j}$ 表示第n个时间窗心电信号的第j个节点, M表示设定的时间窗长度,

$N = \left\lfloor \frac{Q}{M} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{Q}{M} \right\rfloor$ 表示对 $\frac{Q}{M}$ 取整, 本实例中取 $M=2000$;

[0043] (2) 对于每一个获得的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 构建有限穿越可视图复杂网络, 所述的构建有限穿越可视图复杂网络, 包括对每一个长度为M的时间窗心电信号 $\{y_{n,j}\}_{j=1}^M$ 完成如下过程:

[0044] (i) 设置有限穿越视距为L;

[0045] (ii) 找出有连边的节点对, 具体是找出所有不相邻的两个时间窗心电信号节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间的所有节点, 对所有节点中的每一个 $y_{n,c}$ 进行判断是否满足条件:

$\frac{y_{n,c} - y_{n,b}}{b - c} < \frac{y_{n,a} - y_{n,b}}{b - a}$, $y_{n,a}$ 表示第n个时间窗心电信号的第a个节点, $y_{n,b}$ 表示第n个时间窗心电信号的第b个节点, $y_{n,c}$ 表示第n个时间窗心电信号的第c个节点, 当不满足所述条件的节点数小于等于L个, 则认定在有限穿越视距为L的时间窗有限穿越可视图复杂网络中节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间存在连边, 否则认定在有限穿越视距为L的时间窗有限穿越可视图复杂网络中节点 $y_{n,a}$ 和节点 $y_{n,b}$ 之间不存在连边;

[0046] (iii) 所有相邻的节点对之间都存在连边;

[0047] (iv) 得到时间窗有限穿越可视图邻接矩阵。

[0048] 2) 计算每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的特征指标, 包括:

[0049] 计算全局聚集系数C:

$$[0050] \quad C = \frac{\tau_{\Delta}}{\tau}$$

[0051] 计算局部聚集系数均值 $\bar{C}$:

$$[0052] \quad C_j = \frac{\tau_{j,\Delta}}{\tau_j}$$

$$[0053] \quad \bar{C} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M C_j$$

[0054] 计算聚集系数熵 E_C :

$$[0055] \quad E_C = - \sum_{j=1}^M \left[C(j) / \sum_{j=1}^M C(j) \right] \log \left[C(j) / \sum_{j=1}^M C(j) \right]$$

[0056] 其中, τ_{Δ} 表示的是一个可视图网络中闭三元组的数目, 一个三角由三个封闭的三元组构成, τ 表示一个可视图网络中的开三元组数目, 开三元组即为三个节点由两条连边连接, τ_j 表示一个可视图网络中以节点j为中心的开三元组数目, $\tau_{j,\Delta}$ 表示的是一个可视图网络中以节点j为中心的闭三元组数目, $C(j)$ 表示的是节点j的聚集系数, M表示网络的节点数;

[0057] 计算节点度值的偏差值 K_{std} :

$$[0058] \quad K_{std} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (k_j - \bar{k})^2}{M-1}}$$

$$[0059] \quad \bar{k} = \frac{\sum_{j=1}^M k_j}{M}$$

[0060] 其中, k_j 表示节点 j 的度值, 即节点 j 的连边数, M 表示网络的节点数;

[0061] 3) 结合单因素方差分析和 T 检验检验不同类型心电信号的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标下的显著性差异

[0062] 根据步骤 1) 和步骤 2) 得到三类心电数据, 即: 五个健康人一天时间的心电数据、五个患有充血性心衰心脏疾病的患者一天时间的心电数据和五个患有心房颤动疾病的患者一天时间的心电数据的时间窗有限穿越可视图复杂网络的四个指标, 所述四个指标包括全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_C 和节点度值的偏差值 K_{std} , 采用单因素方差分析评估不同类型心电数据同一指标的显著性差异 P 值, 当 $P < 0.05$ 时, 表示不同类型心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上存在显著性差异, 然后, 再使用 T 检验两两验证不同心电数据所构建的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上的显著性差异 P 值, 当 $P < 0.05$ 时, 表示两两验证中的两类心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标上存在显著性差异; 所得到的显著性差异 P 值如表 1 所示。

[0063] 表 1

[0064]

分组	时间窗有限穿越可视图复杂网络特征指标				分析方法
	全局聚集系数	局部聚集系数均值	局部聚集系数熵	节点度值偏差	
心房颤动, 充血性心衰	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	T 检验
心房颤动, 健康人	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	T 检验
充血性心衰, 健康人	$P < 0.0001$	0.0241	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	T 检验
心房颤动, 充血性心衰, 健康人	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	单因素方差分析

[0065] 4) 采用留一法交叉验证和随机森林分类器, 对所有的四维指标向量进行分类, 是将步骤 2) 中得到的每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_C 和节点度值的偏差值 K_{std} 构成一个四维指标向量, 采用留一法交叉验证和随机森林分类器, 对所有的四维指标向量进行分类, 即依次将一个四维指标向量作为测试集, 将其余的指标向量作为训练集, 并提供对应的训练集标签, 遍历所有的四维指标向量作为测试集, 其余的指标向量作为训练集后, 从而得到所有的四维指标向量的分类结果。

[0066] 本发明的基于复杂网络的心电信号诊断方法在智能穿戴上的应用, 其应用在于, 现在有很多智能穿戴设备可以实时记录输出人类的心电信号, 基于智能穿戴获取的使用者

心电信号,通过智能穿戴芯片实现基于复杂网络的心电信号分析方法,通过时间窗分割心电数据,构建时间窗有限穿越可视图复杂网络,并提取全局聚集系数 C 、局部聚集系数均值 $\bar{C}$ 、聚集系数熵 E_C 和节点度值的偏差值 K_{std} ,采用时间窗分割心电数据,结合基于复杂网络的心电信号分析方法实时分析心电数据,如判断使用者的心电信号出现异常,则通过智能穿戴设备进行远程求救、联系家人的活动,降低心脏病的危害。

[0067] 下面给出具体实例

[0068] 从15个人中采集三类心电数据,分别为(1)五个健康人大约一天时间的心电数据;(2)五个患有充血性心衰心脏疾病的患者大约一天时间的心电数据;(3)五个患有心房颤动疾病的患者大约一天时间的心电数据,分别对这三类15个人的心电数据进行时间窗分割,可以得到43个健康人时间窗心电数据,41个患有充血性心衰心脏疾病的患者时间窗心电数据,56个患有心房颤动心脏疾病的患者时间窗心电数据,对于所得到的三类心电数据,分别构建每个时间窗心电数据的有限穿越可视图复杂网络,其中有限穿越视距 $L=1$,计算复杂网络的节点度值偏差,聚集系数熵值,局部聚集系数均值,全局聚集系数。采用单因素方差分析分别评估不同类型心电数据同一指标的显著性差异 P 值, $P<0.05$ 时,表示不同类型心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络指标差异显著,在有限穿越视距 $L=1$ 时,本发明能够以 $P<10^{-4}$ 实现对健康人、患有充血性心衰心脏疾病的患者和患有心房颤动疾病的患者的每一个指标的准确辨识;经单因素方差分析确定不同类型心电数据构建的时间窗有限穿越可视图复杂网络的特征指标存在显著差异后,再采用 T 检验验证任意两组心电数据所得到的时间窗有限穿越可视图复杂网络指标的显著性差异,在有限穿越视距 $L=1$ 时,本发明能够以 $P<10^{-4}$ 实现对任意两组心电数据的准确区分。采用留一法交叉验证和随机森林分类器对三种不同类型的心电数据分类,分类准确率可达93.5%。

[0069] 以上对本发明和实施例的描述,并不局限于此,实施例中的描述仅是本发明的实施方式之一,在不脱离本发明创造宗旨的情况下,任何不经创造性的设计出与该技术方案类似的结构或实施例,均属本发明的保护范围。

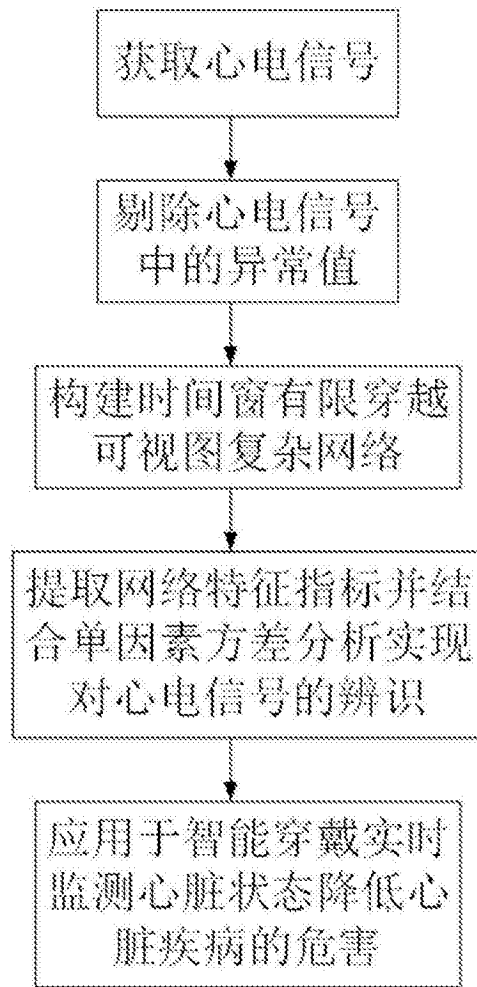


图1

专利名称(译)	基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用		
公开(公告)号	CN106510619A	公开(公告)日	2017-03-22
申请号	CN201610888617.0	申请日	2016-10-11
[标]申请(专利权)人(译)	天津大学		
申请(专利权)人(译)	天津大学		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学		
[标]发明人	高忠科 蔡清 杨宇轩 党伟东		
发明人	高忠科 蔡清 杨宇轩 党伟东		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/0402		
CPC分类号	A61B5/0402 A61B5/6801 A61B5/7271		
其他公开文献	CN106510619B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

基于复杂网络的心电信号分析方法及在智能穿戴上的应用：构建时间窗有限穿越可视图复杂网络，并提取网络特征指标：获得长度为Q的心电信号，对心电信号进行时间窗划分，从而获得N组长度为M的时间窗心电信号；对于每一个获得的时间窗心电信号构建有限穿越可视图复杂网络；计算每一个时间窗有限穿越可视图复杂网络的特征指标；结合单因素方差分析和T检验检验不同类型心电信号的时间窗有限穿越可视图复杂网络在同一指标下的显著性差异。本发明应用于智能穿戴设备，实现对使用者心脏状态的实时监测，并可提供必要的预警。本发明实现对健康心电信号与患病心电信号准确辨识以及不同类型心脏病的区分，在心脏疾病分析及心脏疾病发作远程报警方面有很大的应用潜力。

