



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110226921 A

(43)申请公布日 2019.09.13

(21)申请号 201910567569.9

(22)申请日 2019.06.27

(71)申请人 广州视源电子科技股份有限公司
地址 510530 广东省广州市黄埔区云埔四路6号

(72)发明人 胡静 赵巍

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224
代理人 关志琨

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/04(2006.01)

A61B 5/0452(2006.01)

A61B 5/046(2006.01)

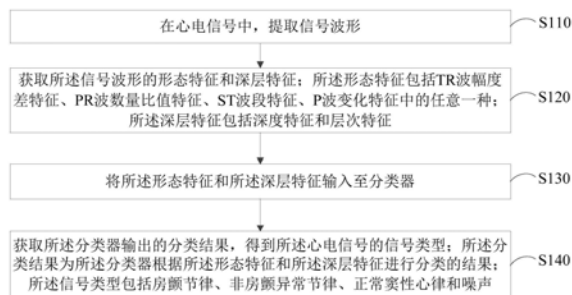
权利要求书5页 说明书27页 附图5页

(54)发明名称

心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质

(57)摘要

本申请涉及一种心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质。包括：在心电信号中，提取信号波形；获取信号波形的形态特征和深层特征；形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征和P波变化特征中的任意一种；深层特征包括深度特征和层次特征；将形态特征和深层特征输入至分类器；获取分类器输出的分类结果，得到心电信号的信号类型；分类结果为分类器根据形态特征和深层特征进行分类的结果；信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。采用上述方案可以准确识别出各种类型的异常节律，避免了将心动过速，心动过缓，心律失常等非房颤类型的异常节律错误分类为房颤类型的情况，提升了心电信号分类的准确性。



1. 一种心电信号检测分类方法,其特征在于,包括:

在心电信号中,提取信号波形;

获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器;

获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当所述形态特征为TR波幅度差特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:

获取R波信号序列,以及,获取T波信号序列;

计算所述T波信号序列与所述R波信号序列的比值,得到TR波序列比值;

计算所述TR波序列比值的中位数,得到TR波序列比值中位数;

确定所述TR波序列比值中位数和所述TR波序列比值,作为所述TR波幅度差特征。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

在所述信号波形中,提取RR间期差序列;

根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征;所述RR间期差第一先验特征包括所述RR间期差序列的原始计数、近似熵、样本熵中的至少一种;

将所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征进行分类的结果。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,当所述RR间期差第一先验特征为所述RR间期差序列的原始计数时,所述根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征,包括:

计算所述RR间期差序列的绝对值,得到RR间期差序列绝对值;

当所述RR间期差序列绝对值小于等于预设的常量定值时,计算所述RR间期差序列之和,得到RR间期差序列和值;

当所述RR间期差序列和值等于二时,确定所述RR间期差序列和值,作为所述RR间期差序列的原始计数。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当所述形态特征为PR波数量比值特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:

获取R波序列数量,以及,获取P波序列数量;所述P波序列数量为P波序列的总和;所述R波序列数量为R波序列的总和;

计算所述P波序列数量与所述R波序列数量的比值,得到PR波数量比值;

根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征;所述PR波数量比值特征包括所述PR波数量比值、PR波数量比值中位数、PR波数量比值标准差、PR波数量比值均值以及PR波数量比值方差中的至少一种。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,当所述PR波数量比值特征为所述PR波数量比值方差时,所述根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征,包括:

计算所述PR波数量比值的均值,得到所述PR波数量比值均值,以及,计算所述PR波数量

比值的标准差,得到所述PR波数量比值标准差;

计算所述PR波数量比值标准差与所述PR波数量比值均值的比值,得到所述PR波数量比值方差。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:在所述信号波形中,提取RR间期序列和/或RR间期差序列;

根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征;

将所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征进行分类的结果。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述根据所述RR间期序列,获取RR间期差第二先验特征,包括:

计算所述RR间期序列的核密度,得到RR间期序列核密度;

计算所述RR间期序列核密度的峰度值,得到RR间期密度峰度,以及,计算所述RR间期序列核密度的偏度值,得到RR间期密度偏度;

确定所述RR间期密度偏度、所述RR间期密度峰度以及所述RR间期序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征,包括:

计算所述RR间期差序列的核密度,得到RR间期差序列核密度;

计算所述RR间期差序列和密度的峰度值,得到RR间期差密度峰度,以及,计算所述RR间期差序列核密度的偏度值,得到RR间期差密度偏度;

确定所述RR间期差密度偏度、所述RR间期差密度峰度以及所述RR间期差序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当所述形态特征为ST波段特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:

获取T波序列,以及,获取S波序列;

根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征和/或ST波段基线特征;

确定所述ST波段斜率特征和/或所述ST波段基线特征,作为所述ST波段特征。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征,包括:

获取所述S波序列的S波信号序列,以及,获取所述T波序列的T波信号序列;

计算所述T波信号序列与所述S波信号序列的差值,得到ST波段斜率分子,以及,计算所述T波序列与所述S波序列的差值,得到ST波段斜率分母;

计算所述ST波段斜率分子与所述ST波段斜率分母的比值,作为所述ST波段斜率;

根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征;所述ST波段斜率特征包括所述ST波段斜率、ST波段斜率中位数、ST波段斜率方差以及ST波段斜率长度比值中的至少一种。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率方差时,所述根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征,包括:

计算所述ST波段斜率的均值,得到ST波段斜率均值,以及,计算所述ST波段斜率的标准

差,得到所述ST波段斜率标准差;

计算所述ST波段斜率标准差与所述ST波段斜率均值的比值,得到所述ST波段斜率方差。

13. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率长度比值时,所述根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征,包括:

获取QRS波段序列;所述QRS波段序列为所述S波序列与所述Q波序列的差值;

计算所述QRS波段序列的长度,得到ST波段斜率长度分母;

当所述ST波段斜率小于零时,计算所述ST波段斜率的长度,得到ST波段斜率长度分子;

计算所述ST波段斜率长度分子与所述ST波段斜率长度分母的比值,得到所述ST波段斜率长度比值。

14. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段基线特征,包括:

获取所述S波序列的S波信号序列;

当所述S波信号序列小于Q波信号序列时,确定SQ波向量;

提取所述SQ波向量中非零元素的位置索引,得到SQ波深度;

根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征;所述ST波段基线特征包括所述SQ波深度、S波序列深度、S波序列除余值、T波序列除余值以及Q波序列除余值中的至少一种。

15. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,当所述ST波段基线特征为所述S波序列深度时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:

计算所述S波序列的长度,得到S波序列深度分母,以及,计算所述SQ波深度的长度,得到S波序列深度分子;

计算所述S波序列深度分子与所述S波序列深度分母的比值,得到所述S波序列深度。

16. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,当所述ST波段基线特征为所述S波序列除余值时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:

计算所述S波序列与所述SQ波深度的比值,得到S波序列除数;

计算所述S波序列除数的余数,得到所述S波序列除余值。

17. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,当所述ST波段基线特征为所述T波序列除余值时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:

计算所述T波序列与所述SQ波深度的比值,得到T波序列除数;

计算所述T波序列除数的余数,得到所述T波序列除余值。

18. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

在所述信号波形中,提取RR间期序列;

根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征;所述RR间期统计特征包括所述RR间期序列的数量、均值、最大值、最小值、中位数、方差、偏度、峰度以及宽度中的至少一种;

将所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征进行分类的结果。

19. 根据权利要求18所述的方法,其特征在于,当所述RR间期统计特征为所述RR间期序

列的宽度时,所述根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征,包括:

计算所述RR间期序列的最小值,得到RR间期序列最小值,以及,计算所述RR间期序列的最大值,得到RR间期序列最大值;

计算所述RR间期序列最大值与所述RR间期序列最小值的差值,作为所述RR间期序列的宽度。

20.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当所述形态特征为P波变化特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:

获取P波序列;

计算所述P波序列的最小值,得到P波序列最小值,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波序列最大值;

计算所述P波序列最大值与所述P波序列最小值的差值,得到P波序列差值;

计算所述P波序列差值的最大值,得到P波变化特征分子,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波变化特征分母;

计算所述P波变化特征分子与所述P波变化特征分母的比值,作为所述P波变化特征。

21.根据权利要求20所述的方法,其特征在于,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

在所述信号波形中,提取QRS间期信号序列;

根据所述QRS间期信号序列,获取QRS间期统计特征;所述QRS间期统计特征包括所述QRS间期信号序列的均值、标准差、方差、核密度、峰度以及偏度中的至少一种;

将所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征进行分类的结果。

22.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取所述信号波形的深层特征,包括:

采用所述信号波形训练基于深度学习的节律特征检测器;

获取训练后的节律特征检测器的最优网络结构;

获取所述最优网络结构的全连接层数据,作为所述深层特征。

23.根据权利要求22所述的方法,其特征在于,所述节律特征检测器包括卷积神经网络检测器、循环神经网络检测器、卷积循环神经网络检测器、深度神经网络检测器中的至少一种。

24.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述分类器包括K-近邻(KNN)分类器、adboost分类器、xgboost分类器、逻辑回归分类器、支持向量机分类器中的至少一种。

25.根据权利要求24所述的方法,其特征在于,所述获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型,包括:

获取所述K-近邻(KNN)分类器、所述adboost分类器、所述xgboost分类器、所述逻辑回归分类器或所述支持向量机分类器的分类结果;

将所述分类结果输入至多层感知器;

获取所述多层感知器的多模型分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述多模型分类结果为所述多层感知器根据所述形态特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

26. 一种心电信号检测分类装置,其特征在于,所述装置包括:

波形提取模块,用于在心电信号中,提取信号波形;

特征获取模块,用于获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

特征输入模块,用于将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器;

分类模块,用于获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

27. 一种电子设备,其特征在于,包括:存储器、具有一个或多个处理器;

所述存储器,用于存储一个或多个程序;

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器执行如权利要求1-25中任一所述的心电信号检测分类方法。

28. 一种包含计算机可执行指令的存储介质,其特征在于,所述计算机可执行指令在由计算机处理器执行时用于执行如权利要求1-25中任一所述的心电信号检测分类方法。

心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及医疗器械与医疗产品领域,特别是涉及一种心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质。

背景技术

[0002] 心房颤动(Atrial Fibrillation,AF)简称房颤,是临床最常见的一种心律失常疾病,其特点是紊乱的心房活动和随之而来的脑卒、心肌梗死等并发症,导致较高的致残率和死亡率,严重危害着人类的健康和生命。研究心电信号是否存在房颤的算法,能及早发现并进行治疗,从而可更多的抓住治疗的最佳时机,减少房颤的发病率和死亡率,因此具有重要的临床和社会意义。

[0003] 由于房颤发作时的两个重要临床表现为RR间期绝对不规则和P波消失,因此,目前较为常规的心电信号分类方法,主要是基于心房活动(P波消失)或心室活动(RR间期不规则)进行分析。

[0004] 然而,心电信号中的P波或f波属于微弱信号,其波形特征较难检测。而且,许多非房颤类型的异常节律(如心动过速,心动过缓,心律失常等)表现出类似房颤的特征,如果基于常规的心电信号分类方法,可能会出现错误的识别结果。

[0005] 因此,现有技术中的心电信号分类方法存在着房颤分类错误的问题。

发明内容

[0006] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质。

[0007] 第一方面,提供了一种心电信号检测分类方法,所述方法包括:

[0008] 在心电信号中,提取信号波形;

[0009] 获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

[0010] 将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器;

[0011] 获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0012] 在一个实施例中,当所述形态特征为TR波幅度差特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:

[0013] 获取R波信号序列,以及,获取T波信号序列;

[0014] 计算所述T波信号序列与所述R波信号序列的比值,得到TR波序列比值;

[0015] 计算所述TR波序列比值的中位数,得到TR波序列比值中位数;

[0016] 确定所述TR波序列比值中位数和所述TR波序列比值,作为所述TR波幅度差特征。

- [0017] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:
- [0018] 在所述信号波形中,提取RR间期差序列;
- [0019] 根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征;所述RR间期差第一先验特征包括所述RR间期差序列的原始计数、近似熵、样本熵中的至少一种;
- [0020] 将所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征进行分类的结果。
- [0021] 在一个实施例中,当所述RR间期差第一先验特征为所述RR间期差序列的原始计数时,所述根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征,包括:
- [0022] 计算所述RR间期差序列的绝对值,得到RR间期差序列绝对值;
- [0023] 当所述RR间期差序列绝对值小于等于预设的常量定值时,计算所述RR间期差序列之和,得到RR间期差序列和值;
- [0024] 当所述RR间期差序列和值等于二时,确定所述RR间期差序列和值,作为所述RR间期差序列的原始计数。
- [0025] 在一个实施例中,当所述形态特征为PR波数量比值特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:
- [0026] 获取R波序列数量,以及,获取P波序列数量;所述P波序列数量为P波序列的总和;所述R波序列数量为R波序列的总和;
- [0027] 计算所述P波序列数量与所述R波序列数量的比值,得到PR波数量比值;
- [0028] 根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征;所述PR波数量比值特征包括所述PR波数量比值、PR波数量比值中位数、PR波数量比值标准差、PR波数量比值均值以及PR波数量比值方差中的至少一种。
- [0029] 在一个实施例中,当所述PR波数量比值特征为所述PR波数量比值方差时,所述根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征,包括:
- [0030] 计算所述PR波数量比值的均值,得到所述PR波数量比值均值,以及,计算所述PR波数量比值的标准差,得到所述PR波数量比值标准差;
- [0031] 计算所述PR波数量比值标准差与所述PR波数量比值均值的比值,得到所述PR波数量比值方差。
- [0032] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:
- [0033] 在所述信号波形中,提取RR间期序列和/或RR间期差序列;
- [0034] 根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征;
- [0035] 将所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征进行分类的结果。
- [0036] 在一个实施例中,所述根据所述RR间期序列,获取RR间期差第二先验特征,包括:
- [0037] 计算所述RR间期序列的核密度,得到RR间期序列核密度;
- [0038] 计算所述RR间期序列核密度的峰度值,得到RR间期密度峰度,以及,计算所述RR间期序列核密度的偏度值,得到RR间期密度偏度;
- [0039] 确定所述RR间期密度偏度、所述RR间期密度峰度以及所述RR间期序列核密度中的

至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0040] 在一个实施例中,所述根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征,包括:

[0041] 计算所述RR间期差序列的核密度,得到RR间期差序列核密度;

[0042] 计算所述RR间期差序列和密度的峰度值,得到RR间期差密度峰度,以及,计算所述RR间期差序列核密度的偏度值,得到RR间期差密度偏度;

[0043] 确定所述RR间期差密度偏度、所述RR间期差密度峰度以及所述RR间期差序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0044] 在一个实施例中,当所述形态特征为ST波段特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:

[0045] 获取T波序列,以及,获取S波序列;

[0046] 根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征和/或ST波段基线特征;

[0047] 确定所述ST波段斜率特征和/或所述ST波段基线特征,作为所述ST波段特征。

[0048] 在一个实施例中,所述根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征,包括:

[0049] 获取所述S波序列的S波信号序列,以及,获取所述T波序列的T波信号序列;

[0050] 计算所述T波信号序列与所述S波信号序列的差值,得到ST波段斜率分子,以及,计算所述T波序列与所述S波序列的差值,得到ST波段斜率分母;

[0051] 计算所述ST波段斜率分子与所述ST波段斜率分母的比值,作为所述ST波段斜率;

[0052] 根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征;所述ST波段斜率特征包括所述ST波段斜率、ST波段斜率中位数、ST波段斜率方差以及ST波段斜率长度比值中的至少一种。

[0053] 在一个实施例中,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率方差时,所述根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征,包括:

[0054] 计算所述ST波段斜率的均值,得到ST波段斜率均值,以及,计算所述ST波段斜率的标准差,得到所述ST波段斜率标准差;

[0055] 计算所述ST波段斜率标准差与所述ST波段斜率均值的比值,得到所述ST波段斜率方差。

[0056] 在一个实施例中,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率长度比值时,所述根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征,包括:

[0057] 获取QRS波段序列;所述QRS波段序列为所述S波序列与所述Q波序列的差值;

[0058] 计算所述QRS波段序列的长度,得到ST波段斜率长度分母;

[0059] 当所述ST波段斜率小于零时,计算所述ST波段斜率的长度,得到ST波段斜率长度分子;

[0060] 计算所述ST波段斜率长度分子与所述ST波段斜率长度分母的比值,得到所述ST波段斜率长度比值。

[0061] 在一个实施例中,所述根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段基线特征,包括:

[0062] 获取所述S波序列的S波信号序列;

[0063] 当所述S波信号序列小于Q波信号序列时,确定SQ波向量;

- [0064] 提取所述SQ波向量中非零元素的位置索引,得到SQ波深度;
- [0065] 根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征;所述ST波段基线特征包括所述SQ波深度、S波序列深度、S波序列除余值、T波序列除余值以及Q波序列除余值中的至少一种。
- [0066] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述S波序列深度时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:
- [0067] 计算所述S波序列的长度,得到S波序列深度分母,以及,计算所述SQ波深度的长度,得到S波序列深度分子;
- [0068] 计算所述S波序列深度分子与所述S波序列深度分母的比值,得到所述S波序列深度。
- [0069] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述S波序列除余值时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:
- [0070] 计算所述S波序列与所述SQ波深度的比值,得到S波序列除数;
- [0071] 计算所述S波序列除数的余数,得到所述S波序列除余值。
- [0072] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述T波序列除余值时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:
- [0073] 计算所述T波序列与所述SQ波深度的比值,得到T波序列除数;
- [0074] 计算所述T波序列除数的余数,得到所述T波序列除余值。
- [0075] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:
- [0076] 在所述信号波形中,提取RR间期序列;
- [0077] 根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征;所述RR间期统计特征包括所述RR间期序列的数量、均值、最大值、最小值、中位数、方差、偏度、峰度以及宽度中的至少一种;
- [0078] 将所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征进行分类的结果。
- [0079] 在一个实施例中,当所述RR间期统计特征为所述RR间期序列的宽度时,所述根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征,包括:
- [0080] 计算所述RR间期序列的最小值,得到RR间期序列最小值,以及,计算所述RR间期序列的最大值,得到RR间期序列最大值;
- [0081] 计算所述RR间期序列最大值与所述RR间期序列最小值的差值,作为所述RR间期序列的宽度。
- [0082] 在一个实施例中,当所述形态特征为P波变化特征时,所述获取所述信号波形的形态特征,包括:
- [0083] 获取P波序列;
- [0084] 计算所述P波序列的最小值,得到P波序列最小值,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波序列最大值;
- [0085] 计算所述P波序列最大值与所述P波序列最小值的差值,得到P波序列差值;
- [0086] 计算所述P波序列差值的最大值,得到P波变化特征分子,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波变化特征分母;
- [0087] 计算所述P波变化特征分子与所述P波变化特征分母的比值,作为所述P波变化特

征。

[0088] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

[0089] 在所述信号波形中,提取QRS间期信号序列;

[0090] 根据所述QRS间期信号序列,获取QRS间期统计特征;所述QRS间期统计特征包括所述QRS间期信号序列的均值、标准差、方差、核密度、峰度以及偏度中的至少一种;

[0091] 将所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征进行分类的结果。

[0092] 在一个实施例中,所述获取所述信号波形的深层特征,包括:

[0093] 采用所述信号波形训练基于深度学习的节律特征检测器;

[0094] 获取训练后的节律特征检测器的最优网络结构;

[0095] 获取所述最优网络结构的全连接层数据,作为所述深层特征。

[0096] 在一个实施例中,所述节律特征检测器包括卷积神经网络检测器、循环神经网络检测器、卷积循环神经网络检测器、深度神经网络检测器中的至少一种。

[0097] 在一个实施例中,所述分类器包括K-近邻(KNN)分类器、adboost分类器、xgboost分类器、逻辑回归分类器、支持向量机分类器中的至少一种。

[0098] 在一个实施例中,所述获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型,包括:

[0099] 获取所述K-近邻(KNN)分类器、所述adboost分类器、所述xgboost分类器、所述逻辑回归分类器或所述支持向量机分类器的分类结果;

[0100] 将所述分类结果输入至多层感知器;

[0101] 获取所述多层感知器的多模型分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述多模型分类结果为所述多层感知器根据所述形态特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0102] 第二方面,提供了一种心电信号检测分类装置,包括:

[0103] 波形提取模块,用于在心电信号中,提取信号波形;

[0104] 特征获取模块,用于获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

[0105] 特征输入模块,用于将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器

[0106] 分类模块,用于获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0107] 第三方面,提供了一种电子设备,其特征在于,包括:存储器、以及一个或多个处理器;

[0108] 所述存储器,用于存储一个或多个程序;

[0109] 在心电信号中,提取信号波形;

[0110] 获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

- [0111] 将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器；
- [0112] 获取所述分类器输出的分类结果，得到所述心电信号的信号类型；所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果；所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。
- [0113] 第四方面，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：
- [0114] 在心电信号中，提取信号波形；
- [0115] 获取所述信号波形的形态特征和深层特征；所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种；所述深层特征包括深度特征和层次特征；
- [0116] 将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器；
- [0117] 获取所述分类器输出的分类结果，得到所述心电信号的信号类型；所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果；所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。
- [0118] 上述心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质，首先在心电信号中提取信号波形，然后获取信号波形的形态特征和深层特征，将形态特征和深层特征输入分类器，得到分类器根据形态特征和深层特征进行分类的分类结果作为心电信号的信号类型，因为形态特征和深层特征可以反映出各种类型的异常节律，采用形态特征和深层特征进行信号类型分类，可以更准确地识别出各种类型的异常节律，避免了将心动过速，心动过缓，心律失常等非房颤类型的异常节律错误分类为房颤类型的情况，提升了心电信号分类的准确性。

附图说明

- [0119] 图1是本申请实施例一提供的一种心电信号分类方法的流程图；
- [0120] 图2是一个实施例的一种原始心电信号的示意图；
- [0121] 图3是一种P波、QRS波、T波、U波的信号波形的示意图；
- [0122] 图4是一个实施例的一种卷积神经网络模型的架构示意图；
- [0123] 图5是一个实施例的一种节律特征检测器结构的结构示意图；
- [0124] 图6是一个实施例的一种卷积神经网络分类器的结构示意图；
- [0125] 图7是一个实施例的一种节律特征分类融合网络结构的结构示意图；
- [0126] 图8是本申请实施例二提供的一种心电信号检测分类装置的结构示意图；
- [0127] 图9是本申请实施例三提供的一种电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0128] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

[0129] 实施例一

[0130] 图1是本申请实施例一提供的一种心电信号检测分类方法的流程图，该心电信号

检测分类方法,可以具体包括以下步骤:

[0131] 步骤S110,在心电信号中,提取信号波形。

[0132] 具体实现中,可以利用多通道同步数据,采集人体心脏信号、背景噪声和心电信号。更具体地,首先,可以通过心电导联和传感器采集心电信号,通过模拟电路对采集的心电信号进行阻抗匹配、过滤、放大等处理。然后,由模数转换器,将人体生理参数的模拟信号转化为数字信号。然后,通过低通滤波技术获取滤波后的心电信号。最后,通过小波变换技术从滤波后的心电信号中提取出信号波形。

[0133] 图2是一个实施例的一种原始心电信号的示意图。如图所示,采集得到的心电信号存在各种噪声,而且信号的波形粗糙和不光滑,导致难以从QRS波中提取出能反映房颤的特征。

[0134] 图3是一种P波、QRS波、T波、U波的信号波形的示意图。如图所示,以时间 t 作为X轴,电压 V 作为Y轴,构建一个XY坐标系,根据心电信号中在每个时间点 t_n 对应的电压 V_n ,生成心电信号的信号波形。

[0135] 步骤S120,获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征。

[0136] 其中,TR波幅度差特征可以为反映TR波的幅度差相关的特征。例如,T波信号序列和R波信号序列的信号比值。

[0137] 其中,PR波数量比值特征可以为反映P波数量和R波数量的比值相关特征,例如,P波数量与R波数量比值斜率相关的特征。

[0138] 其中,ST波段特征可以为反映ST波段相关的特征,例如,ST波段斜率相关的特征、ST波段基线相关的特征。

[0139] 其中,P波变化特征可以为反映P波的变化相关的特征。

[0140] 其中,深度特征和层次特征可以反映经过深度学习网络所提取、针对房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声相关的特征。

[0141] 具体实现中,可以获取信号波形的TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征和P波变化特征,作为信号波形的形态特征。

[0142] 首先,获取信号波形的TR波幅度差特征的方式可以包括:令 X_P 、 X_Q 、 X_R 、 X_S 和 X_T 分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,则TR波的幅度差计算公式如下所示:

[0143]
$$\text{tr_amp} = \text{ecg}(X_T) ./ \text{ecg}_f(X_R)$$

[0144]
$$\text{tr_amp_med} = \text{median}(\text{tr_amp})$$

[0145] 其次,获取信号波形的PR波数量比值特征的方式可以包括:

[0146] (1) 令 X_P 、 X_Q 、 X_R 、 X_S 和 X_T 分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,则P波数量与R波数量及其比值计算公式如下所示:

[0147]
$$\text{Num}_R = \text{Num}(X_R) = \text{sum}(X_R)$$

[0148]
$$\text{Num}_P = \text{Num}(X_P) = \text{sum}(X_P)$$

[0149]
$$\text{PRc} = \text{Num}_P / \text{Num}_R$$

[0150] (2) 计算P波数量与R波数量比值斜率相关的特征,即分别标记为 med_prc 和 var_

prc,计算公式如下所示:

[0151] $\text{med_prc} = \text{median}(\text{PRc})$

[0152] $\text{var_prc} = \text{std}(\text{PRc}) / \text{mean}(\text{PRc})$

[0153] 其中,median、std、mean和var分别为计算序列中位数、标准差、均值和方差的算子。

[0154] 然后,获取信号波形的ST波段特征的方式可以包括:

[0155] (1) 令X_P、X_Q、X_R、X_S和X_T分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,则ST波段的斜率计算公式如下所示:

[0156] $\text{slope_ST}(i) = (\text{ecg}(X_T(i)) - \text{ecg}(X_S(i))) / (X_T(i) - X_S(i))$

[0157] (2) 计算ST波段斜率相关的特征,即分别标记为med_st、var_st和num_neg_st,计算公式如下所示:

[0158] $\text{med_st} = \text{median}(\text{slope_ST})$

[0159] $\text{var_st} = \text{std}(\text{slope_ST}) / \text{mean}(\text{slope_ST})$

[0160] $\text{num_neg_st} = \text{length}(\text{slope_ST} < 0) / \text{length}(X_QRS)$

[0161] $X_QRS = X_S - X_Q$

[0162] 其中,median、std、mean、length分别为计算序列中位数、标准差、均值和长度的算子。

[0163] (3) 计算ST波段基线相关的特征,即分别标记为deep_s1、deep_s、mod_S、mod_T和mod_Q,计算公式如下所示:

[0164] $\text{deep_s1} = \text{find}(\text{ecg}(X_S) < \text{ecg}(X_Q))$

[0165] $\text{deep_s} = \text{length}(\text{deep_s1}) / \text{length}(X_S)$

[0166] $\text{mod_S} = X_S(\text{deep_s1})$

[0167] $\text{mod_T} = X_T(\text{deep_s1})$

[0168] $\text{mod_Q} = X_Q(\text{deep_s1})$

[0169] 其中,ecg表示心电信号序列,find()函数的基本功能是返回向量或者矩阵中不为0的元素的位置索引,length为计算序列长度的算子。

[0170] 最后,获取信号波形的P波变化特征的方式可以包括:设P(i,j)为P波序列,计算P波序列中最大值与最小值的差PD,计算公式如下所示:

[0171] $PD(i) = \max_j \{P(i, j)\} - \min_j \{P(i, j)\}$

[0172] $PDI = \frac{\max_i \{PD(i)\}}{\min_{i,j} \{P(i, j)\}}$

[0173] 其中,i为P波序列的样本数,j表示P波序列的第j个样本。

[0174] 另需说明的是,对深度特征和层次特征的获取,可以是基于不同形态特征的获取条件,进而采用不同检测器,如卷积神经网络检测器、循环神经网络检测器、卷积神经网络检测器、深度神经网络检测器等检测提取所得。

[0175] 步骤S130,将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器。

[0176] 具体实现中,在得到形态特征和所述深层特征之后,可以将形态特征和所述深层

特征输入至分类器。

[0177] 需要说明的是,考虑到RR间期不规则是房颤检测的重要指标,因此提取RR间期相关的AF先验特征、心电信号中的统计特征,并将其与TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征和P波变化特征等形态特征中的一个或多个同时输入至分类器,以获取分类结果显得尤为重要。其中,AF先验特征可以包括RR间期差的原始计数、改进近似熵、改进样本熵、RR间期概率密度相关指标、RR间期差概率密度相关指标等;统计特征包括时频域上形态的上升和下降状态特征、R波的数量、平均值、最大值、最小值、中位数和方差等。

[0178] 除此之外,输入至分类器的特征还包括深度特征和层次特征,而深度特征和层次特征的提取首先需基于一个预设的学习模型,在学习模型中输入单个的心拍,即一个一个的RR间期信号,输出结果即为始终节律信号:房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。其中,预设的学习模型可以是卷积神经网络模型、循环神经网络模型、卷积循环神经网络模型或深度神经网络模型等。

[0179] 在一个具体实施例中,若使用卷积神经网络模型(CNN)提取深度特征和层次特征,则提取步骤包括:CNN架构如图4所示,包括输入层(Input vector)、卷积层(convolution layer)、全连接层(fully connected NN)和输出层(Output layer);(1)卷积层具有k个滤波器或大小为 $q \times n$ 的内核,其中q小于长度输入向量,每个滤波器与输入进行卷积,然后进行非线性激活(sigmoid)产生大小为 $(m-q+1) \times 1$ 的k个特征图,然后将多个滤波器的输出堆叠在一起形成单个特征向量。(2)全连接层采用有softmax激活函数,采用基于随机梯度下降法的交叉熵损失函数进行卷积层和全连接层的权重优化,训练得到最佳网络结构后,将网络保存下来,并将全连接层的数据存储下来,作为心电信号的深度特征和层次特征,并与上述实施例中所提特征一起,作为心电四种节律识别分类器的输入特征。

[0180] 步骤S140,获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0181] 其中,分类器可以用于对心电信号进行分类。分类器可以为K-近邻(KNN,k-NearestNeighbor)分类器、adboost分类器、xgboost(Extreme Gradient Boosting)分类器、逻辑回归分类器、支持向量机分类器中的至少一种。

[0182] 具体实现中,可以将形态特征和所述深层特征输入至经过训练的分类器,分类器可以根据形态特征和所述深层特征,统计心电信号分别归类为房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声的概率分布,并根据概率分布输出分类结果,将该分类结果,作为心电信号的信号类型。

[0183] 本申请实施例提供的技术方案,首先在心电信号中提取信号波形,然后获取信号波形的形态特征和深层特征,将形态特征和深层特征输入分类器,得到分类器根据形态特征和深层特征进行分类的分类结果作为心电信号的信号类型,因为形态特征和深层特征可以反映出各种类型的异常节律,采用形态特征和深层特征进行信号类型分类,可以更准确地识别出各种类型的异常节律,避免了将心动过速,心动过缓,心律失常等非房颤类型的异常节律错误分类为房颤类型的情况,提升了心电信号分类的准确性。

[0184] 在一个实施例中,当所述形态特征为TR波幅度差特征时,所述步骤S120,包括:

[0185] 获取R波信号序列,以及,获取T波信号序列;计算所述T波信号序列与所述R波信号

序列的比值,得到TR波序列比值;计算所述TR波序列比值的中位数,得到TR波序列比值中位数;确定所述TR波序列比值中位数和所述TR波序列比值,作为所述TR波幅度差特征。

[0186] 具体实现中,TR波幅度差特征作为形态特征中的一种,其获取方式包括:令X_P、X_Q、X_R、X_S和X_T分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,则TR波幅度差特征的计算公式如下所示:

[0187] $tr_amp = ecg(X_T) ./ ecg_f(X_R)$

[0188] $tr_amp_med = median(tr_amp)$

[0189] 其中,ecg(X_T)表示为T波信号序列,ecg_f(X_R)表示为R波信号序列,则tr_amp表示为TR波序列比值、tr_amp_med表示为TR波序列比值中位数。

[0190] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

[0191] 在所述信号波形中,提取RR间期差序列;根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征;所述RR间期差第一先验特征包括所述RR间期差序列的原始计数、近似熵、样本熵中的至少一种;将所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征进行分类的结果。

[0192] 具体实现中,若当前获取到的形态特征为TR波幅度差特征,则还需获取与该TR波幅度差特征相关联的第一先验特征,第一先验特征的获取步骤包括:令X_P、X_Q、X_R、X_S和X_T分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,第一先验特征包括RR间期差的原始计数,改进近似熵、改进样本熵。其中,(1)计算RR间期差的改进近似熵方式可以是:

[0193] 步骤(1),选取一定长度N的RR间期,并剔除一定个数Q的最大和最小RR间期,以减少异位心搏的干扰。

[0194] 步骤(2),对剩下的RR间期进行直方图统计,具体地,求解最大、最小RR间期以获得RR间期范围,在RR间期范围内将所有RR间期分按序号顺序组成一组m维向量X(i), $X(i) = [x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+m-1}]$; $i = 1, 2, \dots, N-m+1$ 。

[0195] 步骤(3),定义X(i)和X(j)间的距离d[X(i),X(j)]为两者对应元素中差值最大的一个,如下述公式所示:

[0196]
$$d[X(i), X(j)] = \max_{k=0,1,\dots,m-1} [X(i+k), X(j+k)]$$

[0197] 其中,d[X(i),X(j)]表示每一个i值对应的X(i)与其余向量X(j)($j \neq i, j = 1, 2, \dots, N-m+1$)间的距离。

[0198] 步骤(4),计算d[X(i),X(j)]<r的个数count,并计算count与向量总数N-m的比值 $C_i^m(r)$,如下述公式所示:

[0199]
$$C_i^m(r) = \frac{1}{N-m} \text{count}\{d[X(i), X(j)] < r\}, i = 1, 2, \dots, N-m+1$$

[0200] 其中,r为定值,通常 $r = (0.1 \sim 0.25) SD$ (SD为序列 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ 的标准差)。

[0201] 步骤(5),计算公式如下所示:

$$[0202] \quad \phi^m(r) = \frac{1}{N-m+1} \sum_{i=1}^{N-m+1} \ln C_i^m(r)$$

[0203] 步骤(6),步骤(2)~(5),维数从m变成m+1,即可计算得到 $C_i^{m+1}(r)$ 和 $\phi^{m+1}(r)$ 。

[0204] 步骤(7),计算RR间期差的近似熵AE,表示为 $AE\Delta RR$,如下述公式所示:

$$[0205] \quad AE\Delta RR = \phi^m(r) - \phi^{m+1}(r)$$

[0206] 步骤(8),为了避免由固定值r引起的熵估计的不可靠性,提出了一种改进的基于密度的熵估计方法,将RR间期差的近似熵AE与固定值r做比,表示为 $rAE\Delta RR$,如下述公式所示:

$$[0207] \quad rAE(m, r, N) = \frac{AE(m, r, N)}{r}$$

[0208] (2) 计算RR间期差的改进样本熵方式可以是:

[0209] 步骤(1),选取一定长度P的RR间期,并剔除一定个数Q的最大和最小RR间期,以减少异位心搏的干扰。

[0210] 步骤(2),对剩下的RR间期进行直方图统计,具体地,求解最大、最小RR间期以获得RR间期范围,在RR间期范围内将所有RR间期分按序号顺序组成一组m维向量 $X(i)$, $X(i) = [x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+m-1}]$; $i=1, 2, \dots, N-m+1$ 。

[0211] 步骤(3),定义 $X(i)$ 和 $X(j)$ 间的距离 $d[X(i), X(j)]$ 为两者对应元素中差值最大的一个,如下述公式所示:

$$[0212] \quad d[X(i), X(j)] = \max_{k=0,1,\dots,m-1} [X(i+k), X(j+k)]$$

[0213] 其中, $d[X(i), X(j)]$ 表示每一个i值对应的 $X(i)$ 与其余向量 $X(j)$ ($j \neq i, j=1, 2, \dots, N-m+1$)间的距离。

[0214] 步骤(4),计算 $d[X(i), X(j)] < r$ 的个数count,并计算count与向量总数 $N-m$ 的比值 $B_i^m(r)$,如下述公式所示:

$$[0215] \quad B_i^m(r) = \frac{1}{N-m} \text{count}\{d[X(i), X(j)] < r\}, i=1, 2, \dots, N-m+1$$

[0216] 其中,r为定值,通常 $r = (0.1 \sim 0.25) SD$ (SD为序列 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ 的标准差)。

[0217] 步骤(5),计算公式如下所示:

$$[0218] \quad B^m(r) = \frac{1}{N-m+1} \sum_{i=1}^{N-m+1} B_i^m(r)$$

[0219] 步骤(6),步骤(2)~(5),维数从m变成m+1,即可计算得到 $B_i^{m+1}(r)$ 和 $B^{m+1}(r)$ 。

[0220] 步骤(7),计算RR间期差的样本熵SAE,表示为 $SAE\Delta RR$,如下述公式所示:

$$[0221] \quad SAE(m, r, N) = -\ln[B^{m+1}(r) / B^m(r)]$$

[0222] 步骤(8),为了避免由固定值r引起的熵估计的不可靠性,提出了一种改进的基于密度的熵估计方法,将RR间期差的样本熵SAE与固定值r做比,表示为 $rSAE\Delta RR$,如下述公式

所示：

$$[0223] \quad rSAE(m, r, N) = \frac{SAE(m, r, N)}{r} = SAE(m, r, N) + \ln r$$

[0224] 在一个实施例中,当所述RR间期差第一先验特征为所述RR间期差序列的原始计数时,所述根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征,包括:

[0225] 计算所述RR间期差序列的绝对值,得到RR间期差序列绝对值;当所述RR间期差序列绝对值小于等于预设的常量定值时,计算所述RR间期差序列之和,得到RR间期差序列和值;当所述RR间期差序列和值等于二时,确定所述RR间期差序列和值,作为所述RR间期差序列的原始计数。

[0226] 具体实现中,计算RR间期差的原始计数公式如下:

$$[0227] \quad os = \text{sum}(|dRR| \leq OCmask)$$

$$[0228] \quad OriginCount = \text{sum}(os == 2)$$

[0229] 其中,dRR表示为RR间期差序列,OCmask是一个常量定值,在本实施例中OCmask=0.02,sum为计算序列总和的算子,OriginCount表示为RR间期差的原始计数。

[0230] 在一个实施例中,当所述形态特征为PR波数量比值特征时,所述步骤S120,包括:

[0231] 获取R波序列数量,以及,获取P波序列数量;所述P波序列数量为P波序列的总和;所述R波序列数量为R波序列的总和;计算所述P波序列数量与所述R波序列数量的比值,得到PR波数量比值;根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征;所述PR波数量比值特征包括所述PR波数量比值、PR波数量比值中位数、PR波数量比值标准差、PR波数量比值均值以及PR波数量比值方差中的至少一种。

[0232] 具体实现中,PR波数量比值特征作为形态特征中的一种,其获取方式包括:令X_P、X_Q、X_R、X_S和X_T分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,则PR波数量比值特征的计算公式如下所示:

$$[0233] \quad Num_R = \text{Num}(X_R) = \text{sum}(X_R)$$

$$[0234] \quad Num_P = \text{Num}(X_P) = \text{sum}(X_P)$$

$$[0235] \quad PRc = Num_P / Num_R$$

[0236] 其中,sum(X_R)表示为R波序列数量,sum(X_P)表示为P波序列数量,则PRc表示为PR波数量比值。

[0237] 在一个实施例中,当所述PR波数量比值特征为所述PR波数量比值方差时,所述根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征,包括:

[0238] 计算所述PR波数量比值的均值,得到所述PR波数量比值均值,以及,计算所述PR波数量比值的标准差,得到所述PR波数量比值标准差;计算所述PR波数量比值标准差与所述PR波数量比值均值的比值,得到所述PR波数量比值方差。

[0239] 具体实现中,由于PR波数量比值特征包括PR波数量比值、PR波数量比值中位数、PR波数量比值标准差、PR波数量比值均值以及PR波数量比值方差中的至少一种,若当前获取到的形态特征为PR波数量比值特征,则计算PR波数量比值方差的公式如上述实施例一中的计算公式。

[0240] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

[0241] 在所述信号波形中,提取RR间期序列和/或RR间期差序列;根据所述RR间期序列

和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征;将所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征进行分类的结果。

[0242] 具体实现中,若当前获取到的形态特征为PR波数量比值特征,则还需获取与该PR波数量比值特征相关联的第二先验特征,第二先验特征包括RR间期密度偏度、RR间期密度峰度、RR间期序列核密度、RR间期差密度偏度、RR间期差密度峰度、RR间期差序列核密度。

[0243] 在一个实施例中,所述根据所述RR间期序列,获取RR间期差第二先验特征,包括:

[0244] 计算所述RR间期序列的核密度,得到RR间期序列核密度;计算所述RR间期序列核密度的峰度值,得到RR间期密度峰度,以及,计算所述RR间期序列核密度的偏度值,得到RR间期密度偏度;确定所述RR间期密度偏度、所述RR间期密度峰度以及所述RR间期序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0245] 具体实现中,RR间期密度偏度、RR间期密度峰度以及RR间期序列核密度的计算公式如下:

[0246] $[f, xi] = \text{kdensity}(RR)$

[0247] $\text{kurt}_f = \text{kurtosis}(f)$

[0248] $\text{skew}_f = \text{skewness}(f)$

[0249] 其中,kdensity为计算序列核密度估计的算子,用于求样本观测向量x的核密度估计,xi是在x取值范围内等间隔选取的100个点构成的向量,f是与xi相对应的核密度估计值向量,所用的核函数是Gaussian核函数,此外,length、skewness、kurtosis分别为计算序列长度、偏度和峰度的算子。

[0250] 在一个实施例中,所述根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征,包括:

[0251] 计算所述RR间期差序列的核密度,得到RR间期差序列核密度;计算所述RR间期差序列和密度的峰度值,得到RR间期差密度峰度,以及,计算所述RR间期差序列核密度的偏度值,得到RR间期差密度偏度;确定所述RR间期差密度偏度、所述RR间期差密度峰度以及所述RR间期差序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0252] 具体实现中,RR间期差密度偏度、RR间期差密度峰度以及RR间期差序列核密度的计算公式如下:

[0253] $[f1, xi1] = \text{kdensity}(dRR)$

[0254] $\text{kurt}_{f1} = \text{kurtosis}(f1)$

[0255] $\text{skew}_{f1} = \text{skewness}(f1)$

[0256] 其中,kdensity为计算序列核密度估计的算子,用于求样本观测向量x的核密度估计,xi是在x取值范围内等间隔选取的100个点构成的向量,f是与xi相对应的核密度估计值向量,所用的核函数是Gaussian核函数,此外,length、skewness、kurtosis分别为计算序列长度、偏度和峰度的算子。

[0257] 在一个实施例中,当所述形态特征为ST波段特征时,所述步骤S120,包括:

[0258] 获取T波序列,以及,获取S波序列;根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征和/或ST波段基线特征;确定所述ST波段斜率特征和/或所述ST波段基线特征,作为所述ST波段特征。

[0259] 具体实现中,ST波段特征作为形态特征中的一种,其计算公式包括上述实施例一
中所述ST波段斜率slope_ST、ST波段斜率相关特征、ST波段基线相关特征的计算公式。

[0260] 在一个实施例中,所述根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征,包
括:

[0261] 获取所述S波序列的S波信号序列,以及,获取所述T波序列的T波信号序列;计算所
述T波信号序列与所述S波信号序列的差值,得到ST波段斜率分子,以及,计算所述T波序列
与所述S波序列的差值,得到ST波段斜率分母;计算所述ST波段斜率分子与所述ST波段斜率
分母的比值,作为所述ST波段斜率;根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征;所述
ST波段斜率特征包括所述ST波段斜率、ST波段斜率中位数、ST波段斜率方差以及ST波段斜
率长度比值中的至少一种。

[0262] 具体实现中,ST波段斜率slope_ST、ST波段斜率中位数med_st、ST波段斜率方差
var_st以及ST波段斜率长度比值num_neg_st的计算公式如上述实施例一中计算ST波段特
征的公式。

[0263] 在一个实施例中,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率方差时,所述根据所
述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征,包括:

[0264] 计算所述ST波段斜率的均值,得到ST波段斜率均值,以及,计算所述ST波段斜率的
标准差,得到所述ST波段斜率标准差;计算所述ST波段斜率标准差与所述ST波段斜率均
值的比值,得到所述ST波段斜率方差。

[0265] 具体实现中,ST波段斜率方差var_st的计算公式如上述实施例一中计算ST波段斜
率相关特征的公式。

[0266] 在一个实施例中,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率长度比值时,所述根
据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征,包括:

[0267] 获取QRS波段序列;所述QRS波段序列为所述S波序列与所述Q波序列的差值;计算
所述QRS波段序列的长度,得到ST波段斜率长度分母;当所述ST波段斜率小于零时,计算所
述ST波段斜率的长度,得到ST波段斜率长度分子;计算所述ST波段斜率长度分子与所述ST
波段斜率长度分母的比值,得到所述ST波段斜率长度比值。

[0268] 具体实现中,ST波段斜率长度比值num_neg_st的计算公式如上述实施例一中计算
ST波段斜率相关特征的公式。

[0269] 在一个实施例中,所述根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段基线特征,包
括:

[0270] 获取所述S波序列的S波信号序列;当所述S波信号序列小于Q波信号序列时,确定
SQ波向量;提取所述SQ波向量中非零元素的位置索引,得到SQ波深度;根据所述SQ波深度,
获取所述ST波段基线特征;所述ST波段基线特征包括所述SQ波深度、S波序列深度、S波序列
除余值、T波序列除余值以及Q波序列除余值中的至少一种。

[0271] 具体实现中,SQ波深度deep_s1、S波序列深度deep_s、S波序列除余值mod_S、T波序
列除余值mod_T以及Q波序列除余值mod_Q的计算公式如上述实施例一中计算ST波段基线相
关特征的公式。

[0272] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述S波序列深度时,所述根据所述SQ
波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:

[0273] 计算所述S波序列的长度,得到S波序列深度分母,以及,计算所述SQ波深度的长度,得到S波序列深度分子;计算所述S波序列深度分子与所述S波序列深度分母的比值,得到所述S波序列深度。

[0274] 具体实现中,S波序列深度的计算公式如上述实施例一中所述计算公式。

[0275] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述S波序列除余值时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:

[0276] 计算所述S波序列与所述SQ波深度的比值,得到S波序列除数;计算所述S波序列除数的余数,得到所述S波序列除余值。

[0277] 具体实现中,S波序列除余值的计算公式如上述实施例一中所述计算公式。

[0278] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述T波序列除余值时,所述根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征,包括:

[0279] 计算所述T波序列与所述SQ波深度的比值,得到T波序列除数;计算所述T波序列除数的余数,得到所述T波序列除余值。

[0280] 具体实现中,T波序列除余值的计算公式如上述实施例一中所述计算公式。

[0281] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

[0282] 在所述信号波形中,提取RR间期序列;根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征;所述RR间期统计特征包括所述RR间期序列的数量、均值、最大值、最小值、中位数、方差、偏度、峰度以及宽度中的至少一种;将所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征进行分类的结果。

[0283] 具体实现中,若当前获取到的形态特征为ST波段特征,则还需获取与该ST波段特征相关联的RR间期统计特征,RR间期统计特征中RR间期序列数量Num_RR、RR间期序列均值Mean_RR、RR间期序列最大值Max_RR、RR间期序列最小值Min_RR、RR间期序列中位数Median_RR、RR间期序列方差Var_RR、RR间期序列偏度skewness_RR、RR间期序列峰度kurtosis_RR以及RR间期序列宽度range_RR的计算公式分别如下:

[0284] $Num_RR = Num(RR) = length(RR)$

[0285] $Mean_RR = Mean(RR)$

[0286] $Max_RR = Max(RR)$

[0287] $Min_RR = Min(RR)$

[0288] $Median_RR = Median(RR)$

[0289] $Var_RR = Var(X_RR)$

[0290] $skewness_RR = skewness(RR)$

[0291] $kurtosis_RR = kurtosis(RR)$

[0292] $range_RR = Max(RR) - Min(RR)$

[0293] 在一个实施例中,当所述RR间期统计特征为所述RR间期序列的宽度时,所述根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征,包括:

[0294] 计算所述RR间期序列的最小值,得到RR间期序列最小值,以及,计算所述RR间期序列的最大值,得到RR间期序列最大值;计算所述RR间期序列最大值与所述RR间期序列最小值的差值,作为所述RR间期序列的宽度。

[0295] 具体实现中,RR间期序列宽度range_RR的计算公式如上述实施例所示。

[0296] 在一个实施例中,当所述形态特征为P波变化特征时,所述步骤S120,包括:

[0297] 获取P波序列;计算所述P波序列的最小值,得到P波序列最小值,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波序列最大值;计算所述P波序列最大值与所述P波序列最小值的差值,得到P波序列差值;计算所述P波序列差值的最大值,得到P波变化特征分子,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波变化特征分母;计算所述P波变化特征分子与所述P波变化特征分母的比值,作为所述P波变化特征。

[0298] 具体实现中,P波变化特征作为形态特征中的一种,P波变化特征的相关计算公式如实施例一种所述公式。

[0299] 在一个实施例中,所述将所述形态特征输入至分类器,包括:

[0300] 在所述信号波形中,提取QRS间期信号序列;根据所述QRS间期信号序列,获取QRS间期统计特征;所述QRS间期统计特征包括所述QRS间期信号序列的均值、标准差、方差、核密度、峰度以及偏度中的至少一种;将所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征进行分类的结果。

[0301] 具体实现中,若当前获取到的形态特征为P波变化特征,则还需获取与该P波变化特征相关联的QRS间期统计特征,QRS间期统计特征的获取步骤包括:令 X_P 、 X_Q 、 X_R 、 X_S 和 X_T 分别表示P、Q、R、S和T波的序列,ecg表示心电信号序列,QRS表示QRS间期序列, $QRS = X_Q - X_S$,则QRS间期信号序列均值、QRS间期信号序列标准差、QRS间期信号序列方差、QRS间期信号序列核密度、QRS间期信号序列峰度以及QRS间期信号序列偏度的计算公式如下所示:

[0302] $amplitude = ecg(QRS)$

[0303] $var_amp = std(amplitude) / mean(amplitude)$

[0304] $[f3, xi3] = skewness(amplitude)$

[0305] $kurt_f3 = kurtosis(f3)$

[0306] $skew_f3 = skewness(f3)$

[0307] 其中,length、mean、median、var、skewness、kurtosis分别为计算序列长度、均值、中位数、方差、偏度和峰度的算子,ksdensity为计算序列核密度估计的算子,用于求样本观测向量x的核密度估计,xi是在x取值范围内等间隔选取的100个点构成的向量,f是与xi相对应的核密度估计值向量,所用的核函数是Gaussian核函数。

[0308] 在一个实施例中,所述获取所述信号波形的深层特征,包括:

[0309] 采用所述信号波形训练基于深度学习的节律特征检测器;获取训练后的节律特征检测器的最优网络结构;获取所述最优网络结构的全连接层数据,作为所述深层特征。

[0310] 具体实现中,可以采用卷积神经网络(CNNs)、卷积循环神经网络(CRNN)等提取深度特征和层次特征。例如,将单个心拍的信号输入至节律特征检测器,即一个一个的RR间期信号,节律特征检测器输出房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声的分类结果,基于分类结果进行机器训练。

[0311] 图5所示为一种节律特征检测器结构的结构示意图,基于图所示结构与下表1所示内容,即可分类输出始终节律信号。

[0312] 表1深度特征提取器的网络结构

	层	参数量	激活函数
	Convolution 1D	32	ReLU
	Max-Pooling 1D	2	
	Dropout	0.05	
	Convolution 1D	64	ReLU
	Max-Pooling 1D	2	
	Dropout	0.1	
[0313]	Convolution 1D	128	ReLU
	Max-Pooling 1D	2	
	Dropout	0.15	
	Merge /		
	Concatenation		
	Masking Layer		
	LSTM	32	Tanh
	LSTM	32	Tanh
	Dense Layer	0.15	

[0314] 其中,CRNN模型有两个输入:一个是心电信号,另一个是心率,两个输入均经过3次一维卷积之后,输入循环神经网络RNN。首先,输入被发送到三个1D卷积层,在每个卷积层之间,通过最大池化(max-pooling)减少冗余和降低计算成本减少,除了max-pooling层,还添加dropout层来减少过度拟合。接下来,使用RNN提取层次特征,即LSTM(Long Short-Term Memory)层,与传统RNN不同的是,本实施例采用2层的LSTM的优势在于:(1)LSTM可以处理长时依赖并解决消失的梯度问题。(2)2个连续的LSTM层增加时间依赖性的长度。

[0315] 又例如,设计一个16层卷积神经网络(CNN)进行心电节律分类,其输入为单个的心拍,即一个一个的RR间期信号,网络结构如图6所示,输出为四种节律信号。本实施例提出设计了一个16层CNN进行心电节律识别,16个卷积层顺序连接,采用batch normalization进行数据标准化处理,避免梯度爆炸问题,采用ReLU激活函数进行激活,采用Dropout层来降

低CNN对训练数据的过度拟合。卷积层是提取深度特征的核心层,通过为CNN提供标记数据,该模型能够学习表征不同的重要特征类。

[0316] 节律特征检测器经过训练后,可以从节律特征检测器中得到最优的网络结构,将该最优网络结构的全连接层数据保存,作为深度特征和层次特征。将深度特征、层次特征、形态统计特征一起输入至分类器的softmax层,供分类器根据深度特征、层次特征、形态统计特征进行分类。更具体地,可通过K-近邻(KNN)分类器对不同心电节律进行分类。

[0317] 在一个实施例中,所述节律特征检测器包括卷积神经网络检测器、循环神经网络检测器、卷积循环神经网络检测器、深度神经网络检测器中的至少一种。

[0318] 在一个实施例中,所述分类器包括K-近邻(KNN)分类器、adboost分类器、xgboost分类器、逻辑回归分类器、支持向量机分类器中的至少一种。

[0319] 在一个实施例中,所述获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型,包括:

[0320] 获取所述K-近邻(KNN)分类器、所述adboost分类器、所述xgboost分类器、所述逻辑回归分类器或所述支持向量机分类器的分类结果;将所述分类结果输入至多层感知器;获取所述多层感知器的多模型分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述多模型分类结果为所述多层感知器根据所述形态特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0321] 具体实现中,本实施例提出在分别获取到多个分类器求解结果之后,进行多分类器结果融合,即从心电信号中提取不同的特征集,分别输入到不同的分类器模型中,最后将各个模型分类结果输入到具有softmax输出层的多层感知器(MLP),进行最终分类结果判断。具体的,可参阅图7,图7为本实施例中四种心电节律分类融合的网络结构示意图。

[0322] 本申请实施例提供的技术方案,由于深度特征和层次特征可以准确反映各种类型的异常节律,根据深度特征、层次特征和形态特征共同进行信号类型分类,可以更准确地识别出各种类型的异常节律,避免了将心动过速,心动过缓,心律失常等的非房颤类型的异常节律错误地分类为房颤类型的异常节律,进一步提升了心电信号分类的准确性。

[0323] 应该理解的是,虽然图1流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,图1中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段,这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些子步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0324] 实施例二

[0325] 图8是本申请实施例二提供了一种心电信号检测分类装置的结构示意图。参考图8,本实施例提供的心电信号检测分类装置具体包括:波形提取模块810、特征获取模块820、特征输入模块830和分类模块840,其中:

[0326] 波形提取模块810,用于在心电信号中,提取信号波形;

[0327] 特征获取模块820,用于获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

[0328] 特征输入模块830,用于将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器;

[0329] 分类模块840,用于获取所述分类器输出的分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0330] 本申请实施例提供的技术方案,首先在心电信号中提取信号波形,然后获取信号波形的形态特征和深层特征,将形态特征和深层特征输入分类器,得到分类器根据形态特征和深层特征进行分类的分类结果作为心电信号的信号类型,因为形态特征和深层特征可以反映出各种类型的异常节律,采用形态特征和深层特征进行信号类型分类,可以更准确地识别出各种类型的异常节律,避免了将心动过速,心动过缓,心律失常等非房颤类型的异常节律错误分类为房颤类型的情况,提升了心电信号分类的准确性。

[0331] 在一个实施例中,当所述形态特征为TR波幅度差特征时,所述特征获取模块820,进一步用于获取R波信号序列,以及,获取T波信号序列;计算所述T波信号序列与所述R波信号序列的比值,得到TR波序列比值;计算所述TR波序列比值的中位数,得到TR波序列比值中位数;确定所述TR波序列比值中位数和所述TR波序列比值,作为所述TR波幅度差特征。

[0332] 在一个实施例中,所述特征输入模块830,进一步用于在所述信号波形中,提取RR间期差序列;根据所述RR间期差序列,获取RR间期差第一先验特征;所述RR间期差第一先验特征包括所述RR间期差序列的原始计数、近似熵、样本熵中的至少一种;将所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征进行分类的结果。

[0333] 在一个实施例中,当所述RR间期差第一先验特征为所述RR间期差序列的原始计数时,所述特征输入模块830,进一步用于计算所述RR间期差序列的绝对值,得到RR间期差序列绝对值;当所述RR间期差序列绝对值小于等于预设的常量定值时,计算所述RR间期差序列之和,得到RR间期差序列和值;当所述RR间期差序列和值等于二时,确定所述RR间期差序列和值,作为所述RR间期差序列的原始计数。

[0334] 在一个实施例中,当所述形态特征为PR波数量比值特征时,所述特征获取模块820,进一步用于获取R波序列数量,以及,获取P波序列数量;所述P波序列数量为P波序列的总和;所述R波序列数量为R波序列的总和;计算所述P波序列数量与所述R波序列数量的比值,得到PR波数量比值;根据所述PR波数量比值,确定所述PR波数量比值特征;所述PR波数量比值特征包括所述PR波数量比值、PR波数量比值中位数、PR波数量比值标准差、PR波数量比值均值以及PR波数量比值方差中的至少一种。

[0335] 在一个实施例中,当所述PR波数量比值特征为所述PR波数量比值方差时,所述特征获取模块820,进一步用于计算所述PR波数量比值的均值,得到所述PR波数量比值均,以及,计算所述PR波数量比值的标准差,得到所述PR波数量比值标准差;计算所述PR波数量比值标准差与所述PR波数量比值均值的比值,得到所述PR波数量比值方差。

[0336] 在一个实施例中,所述特征输入模块830,进一步用于在所述信号波形中,提取RR间期序列和/或RR间期差序列;根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征;将所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征进行分类的结果。

[0337] 在一个实施例中,所述特征输入模块830,进一步用于计算所述RR间期序列的核密度,得到RR间期序列核密度;计算所述RR间期序列核密度的峰度值,得到RR间期密度峰度,以及,计算所述RR间期序列核密度的偏度值,得到RR间期密度偏度;确定所述RR间期密度偏度、所述RR间期密度峰度以及所述RR间期序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0338] 在一个实施例中,所述特征输入模块830,进一步用于计算所述RR间期差序列的核密度,得到RR间期差序列核密度;计算所述RR间期差序列和密度的峰度值,得到RR间期差密度峰度,以及,计算所述RR间期差序列核密度的偏度值,得到RR间期差密度偏度;确定所述RR间期差密度偏度、所述RR间期差密度峰度以及所述RR间期差序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0339] 在一个实施例中,当所述形态特征为ST波段特征时,所述特征获取模块820,进一步用于获取T波序列,以及,获取S波序列;根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征和/或ST波段基线特征;确定所述ST波段斜率特征和/或所述ST波段基线特征,作为所述ST波段特征。

[0340] 在一个实施例中,所述特征获取模块820,进一步用于获取所述S波序列的S波信号序列,以及,获取所述T波序列的T波信号序列;计算所述T波信号序列与所述S波信号序列的差值,得到ST波段斜率分子,以及,计算所述T波序列与所述S波序列的差值,得到ST波段斜率分母;计算所述ST波段斜率分子与所述ST波段斜率分母的比值,作为所述ST波段斜率;根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征;所述ST波段斜率特征包括所述ST波段斜率、ST波段斜率中位数、ST波段斜率方差以及ST波段斜率长度比值中的至少一种。

[0341] 在一个实施例中,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率方差时,所述特征获取模块820,进一步用于计算所述ST波段斜率的均值,得到ST波段斜率均值,以及,计算所述ST波段斜率的标准差,得到所述ST波段斜率标准差;计算所述ST波段斜率标准差与所述ST波段斜率均值的比值,得到所述ST波段斜率方差。

[0342] 在一个实施例中,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率长度比值时,所述特征获取模块820,进一步用于获取QRS波段序列;所述QRS波段序列为所述S波序列与所述Q波序列的差值;计算所述QRS波段序列的长度,得到ST波段斜率长度分母;当所述ST波段斜率小于零时,计算所述ST波段斜率的长度,得到ST波段斜率长度分子;计算所述ST波段斜率长度分子与所述ST波段斜率长度分母的比值,得到所述ST波段斜率长度比值。

[0343] 在一个实施例中,所述特征获取模块820,进一步用于获取所述S波序列的S波信号序列;当所述S波信号序列小于Q波信号序列时,确定SQ波向量;提取所述SQ波向量中非零元素的位置索引,得到SQ波深度;根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征;所述ST波段基线特征包括所述SQ波深度、S波序列深度、S波序列除余值、T波序列除余值以及Q波序列除余值中的至少一种。

[0344] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述S波序列深度时,所述特征获取模块820,进一步用于计算所述S波序列的长度,得到S波序列深度分母,以及,计算所述SQ波深度的长度,得到S波序列深度分子;计算所述S波序列深度分子与所述S波序列深度分母的比值,得到所述S波序列深度。

[0345] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述S波序列除余值时,所述特征获取

模块820,进一步用于计算所述S波序列与所述SQ波深度的比值,得到S波序列除数;计算所述S波序列除数的余数,得到所述S波序列除余值。

[0346] 在一个实施例中,当所述ST波段基线特征为所述T波序列除余值时,所述特征获取模块820,进一步用于计算所述T波序列与所述SQ波深度的比值,得到T波序列除数;计算所述T波序列除数的余数,得到所述T波序列除余值。

[0347] 在一个实施例中,所述特征输入模块830,进一步用于在所述信号波形中,提取RR间期序列;根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征;所述RR间期统计特征包括所述RR间期序列的数量、均值、最大值、最小值、中位数、方差、偏度、峰度以及宽度中的至少一种;将所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征进行分类的结果。

[0348] 在一个实施例中,当所述RR间期统计特征为所述RR间期序列的宽度时,所述特征输入模块830,进一步用于计算所述RR间期序列的最小值,得到RR间期序列最小值,以及,计算所述RR间期序列的最大值,得到RR间期序列最大值;计算所述RR间期序列最大值与所述RR间期序列最小值的差值,作为所述RR间期序列的宽度。

[0349] 在一个实施例中,当所述形态特征为P波变化特征时,所述特征获取模块820,进一步用于获取P波序列;计算所述P波序列的最小值,得到P波序列最小值,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波序列最大值;计算所述P波序列最大值与所述P波序列最小值的差值,得到P波序列差值;计算所述P波序列差值的最大值,得到P波变化特征分子,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波变化特征分母;计算所述P波变化特征分子与所述P波变化特征分母的比值,作为所述P波变化特征。

[0350] 在一个实施例中,所述获取模块820,进一步用于在所述信号波形中,提取QRS间期信号序列;根据所述QRS间期信号序列,获取QRS间期统计特征;所述QRS间期统计特征包括所述QRS间期信号序列的均值、标准差、方差、核密度、峰度以及偏度中的至少一种;将所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征进行分类的结果。

[0351] 在一个实施例中,所述特征获取模块820,进一步用于采用所述信号波形训练基于深度学习的节律特征检测器;获取训练后的节律特征检测器的最优网络结构;获取所述最优网络结构的全连接层数据,作为所述深层特征。

[0352] 在一个实施例中,所述节律特征检测器包括卷积神经网络检测器、循环神经网络检测器、卷积循环神经网络检测器、深度神经网络检测器中的至少一种。

[0353] 在一个实施例中,所述分类器包括K-近邻(KNN)分类器、adboost分类器、xgboost分类器、逻辑回归分类器、支持向量机分类器中的至少一种。

[0354] 在一个实施例中,所述分类模块840,进一步用于获取所述K-近邻(KNN)分类器、所述adboost分类器、所述xgboost分类器、所述逻辑回归分类器或所述支持向量机分类器的分类结果;将所述分类结果输入至多层感知器;获取所述多层感知器的多模型分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述多模型分类结果为所述多层感知器根据所述形态特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0355] 上述提供的心电信号检测分类装置可用于执行上述任意实施例提供的心电信号

检测分类方法,具备相应的功能和有益效果。

[0356] 关于心电信号检测分类装置的具体限定可以参见上文中对于心电信号检测分类方法的限定,在此不再赘述。上述心电信号检测分类装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于电子设备中的处理器中,也可以以软件形式存储于电子设备中的存储器中,以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

[0357] 实施例三

[0358] 图9是本申请实施例三提供的一种电子设备的结构示意图。如图中所示,该电子设备包括:处理器90、存储器91、具有触摸功能的显示屏92、输入装置93、输出装置94以及通信装置95。该电子设备中处理器90的数量可以是一个或者多个,图中以一个处理器90为例。该电子设备中存储器91的数量可以是一个或者多个,图中以一个存储器91为例。该电子设备的处理器90、存储器91、显示屏92、输入装置93、输出装置94以及通信装置95可以通过总线或者其他方式连接,图中以通过总线连接为例。实施例中,电子设备可以是电脑,手机,平板,投影仪或交互智能平板等。实施例中,以电子设备为交互智能平板为例,进行描述。

[0359] 存储器91作为一种计算机可读存储介质,可用于存储软件程序、计算机可执行程序以及模块,如本申请任意实施例所述的心电信号检测分类方法对应的程序指令/模块。存储器91可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序;存储数据区可存储根据设备的使用所创建的数据等。此外,存储器91可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非易失性固态存储器件。在一些实例中,存储器91可进一步包括相对于处理器90远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至设备。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0360] 显示屏92为具有触摸功能的显示屏92,其可以是电容屏、电磁屏或者红外屏。一般而言,显示屏92用于根据处理器90的指示显示数据,还用于接收作用于显示屏92的触摸操作,并将相应的信号发送至处理器90或其他装置。可选的,当显示屏92为红外屏时,其还包括红外触摸框,该红外触摸框设置在显示屏92的四周,其还可以用于接收红外信号,并将该红外信号发送至处理器90或者其他设备。

[0361] 通信装置95,用于与其他设备建立通信连接,其可以是有线通信装置和/或无线通信装置。

[0362] 输入装置93可用于接收输入的数字或者字符信息,以及产生与电子设备的用户设置以及功能控制有关的键信号输入,还可以是用于获取图像的摄像头以及获取音频数据的拾音设备。输出装置94可以包括扬声器等音频设备。需要说明的是,输入装置93和输出装置94的具体组成可以根据实际情况设定。

[0363] 处理器90通过运行存储在存储器91中的软件程序、指令以及模块,从而执行设备的各种功能应用以及数据处理,即实现上述的心电信号检测分类方法。

[0364] 具体的,实施例中,处理器90执行存储器91中存储的一个或多个程序时,具体实现如下操作:

[0365] 在心电信号中,提取信号波形;

[0366] 获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、

PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种；所述深层特征包括深度特征和层次特征；

[0367] 将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器；

[0368] 获取所述分类器输出的分类结果，得到所述心电信号的信号类型；所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果；所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0369] 在上述实施例的基础上，当所述形态特征为TR波幅度差特征时，一个或多个处理器90还实现如下操作：

[0370] 获取R波信号序列，以及，获取T波信号序列；

[0371] 计算所述T波信号序列与所述R波信号序列的比值，得到TR波序列比值；

[0372] 计算所述TR波序列比值的中位数，得到TR波序列比值中位数；

[0373] 确定所述TR波序列比值中位数和所述TR波序列比值，作为所述TR波幅度差特征。

[0374] 在上述实施例的基础上，一个或多个处理器90还实现如下操作：

[0375] 在所述信号波形中，提取RR间期差序列；

[0376] 根据所述RR间期差序列，获取RR间期差第一先验特征；所述RR间期差第一先验特征包括所述RR间期差序列的原始计数、近似熵、样本熵中的至少一种；

[0377] 将所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征输入至所述分类器；所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第一先验特征和所述TR波幅度差特征进行分类的结果。

[0378] 在上述实施例的基础上，当所述RR间期差第一先验特征为所述RR间期差序列的原始计数时，一个或多个处理器90还实现如下操作：

[0379] 计算所述RR间期差序列的绝对值，得到RR间期差序列绝对值；

[0380] 当所述RR间期差序列绝对值小于等于预设的常量定值时，计算所述RR间期差序列之和，得到RR间期差序列和值；

[0381] 当所述RR间期差序列和值等于二时，确定所述RR间期差序列和值，作为所述RR间期差序列的原始计数。

[0382] 在上述实施例的基础上，当所述形态特征为PR波数量比值特征时，一个或多个处理器90还实现如下操作：

[0383] 获取R波序列数量，以及，获取P波序列数量；所述P波序列数量为P波序列的总和；所述R波序列数量为R波序列的总和；

[0384] 计算所述P波序列数量与所述R波序列数量的比值，得到PR波数量比值；

[0385] 根据所述PR波数量比值，确定所述PR波数量比值特征；所述PR波数量比值特征包括所述PR波数量比值、PR波数量比值中位数、PR波数量比值标准差、PR波数量比值均值以及PR波数量比值方差中的至少一种。

[0386] 在上述实施例的基础上，当所述PR波数量比值特征为所述PR波数量比值方差时，一个或多个处理器90还实现如下操作：

[0387] 计算所述PR波数量比值的均值，得到所述PR波数量比值均值，以及，计算所述PR波数量比值的标准差，得到所述PR波数量比值标准差；

[0388] 计算所述PR波数量比值标准差与所述PR波数量比值均值的比值，得到所述PR波数

量比值方差。

[0389] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0390] 在所述信号波形中,提取RR间期序列和/或RR间期差序列;

[0391] 根据所述RR间期序列和/或所述RR间期差序列,获取RR间期差第二先验特征;

[0392] 将所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期差第二先验特征和所述PR波数量比值特征进行分类的结果。

[0393] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0394] 计算所述RR间期序列的核密度,得到RR间期序列核密度;

[0395] 计算所述RR间期序列核密度的峰度值,得到RR间期密度峰度,以及,计算所述RR间期序列核密度的偏度值,得到RR间期密度偏度;

[0396] 确定所述RR间期密度偏度、所述RR间期密度峰度以及所述RR间期序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0397] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0398] 计算所述RR间期差序列的核密度,得到RR间期差序列核密度;

[0399] 计算所述RR间期差序列和密度的峰度值,得到RR间期差密度峰度,以及,计算所述RR间期差序列核密度的偏度值,得到RR间期差密度偏度;

[0400] 确定所述RR间期差密度偏度、所述RR间期差密度峰度以及所述RR间期差序列核密度中的至少一种,作为所述RR间期差第二先验特征。

[0401] 在上述实施例的基础上,当所述形态特征为ST波段特征时,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0402] 获取T波序列,以及,获取S波序列;

[0403] 根据所述S波序列和所述T波序列,获取ST波段斜率特征和/或ST波段基线特征;

[0404] 确定所述ST波段斜率特征和/或所述ST波段基线特征,作为所述ST波段特征。

[0405] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0406] 获取所述S波序列的S波信号序列,以及,获取所述T波序列的T波信号序列;

[0407] 计算所述T波信号序列与所述S波信号序列的差值,得到ST波段斜率分子,以及,计算所述T波序列与所述S波序列的差值,得到ST波段斜率分母;

[0408] 计算所述ST波段斜率分子与所述ST波段斜率分母的比值,作为所述ST波段斜率;

[0409] 根据所述ST波段斜率,获取所述ST波段斜率特征;所述ST波段斜率特征包括所述ST波段斜率、ST波段斜率中位数、ST波段斜率方差以及ST波段斜率长度比值中的至少一种。

[0410] 在上述实施例的基础上,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率方差时,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0411] 计算所述ST波段斜率的均值,得到ST波段斜率均值,以及,计算所述ST波段斜率的标准差,得到所述ST波段斜率标准差;

[0412] 计算所述ST波段斜率标准差与所述ST波段斜率均值的比值,得到所述ST波段斜率方差。

[0413] 在上述实施例的基础上,当所述ST波段斜率特征为所述ST波段斜率长度比值时,一个或多个处理器90还实现如下操作:

- [0414] 获取QRS波段序列;所述QRS波段序列为所述S波序列与所述Q波序列的差值;
- [0415] 计算所述QRS波段序列的长度,得到ST波段斜率长度分母;
- [0416] 当所述ST波段斜率小于零时,计算所述ST波段斜率的长度,得到ST波段斜率长度分子;
- [0417] 计算所述ST波段斜率长度分子与所述ST波段斜率长度分母的比值,得到所述ST波段斜率长度比值。
- [0418] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:
- [0419] 获取所述S波序列的S波信号序列;
- [0420] 当所述S波信号序列小于Q波信号序列时,确定SQ波向量;
- [0421] 提取所述SQ波向量中非零元素的位置索引,得到SQ波深度;
- [0422] 根据所述SQ波深度,获取所述ST波段基线特征;所述ST波段基线特征包括所述SQ波深度、S波序列深度、S波序列除余值、T波序列除余值以及Q波序列除余值中的至少一种。
- [0423] 在上述实施例的基础上,当所述ST波段基线特征为所述S波序列深度时,一个或多个处理器90还实现如下操作:
- [0424] 计算所述S波序列的长度,得到S波序列深度分母,以及,计算所述SQ波深度的长度,得到S波序列深度分子;
- [0425] 计算所述S波序列深度分子与所述S波序列深度分母的比值,得到所述S波序列深度。
- [0426] 在上述实施例的基础上,当所述ST波段基线特征为所述S波序列除余值时,一个或多个处理器90还实现如下操作:
- [0427] 计算所述S波序列与所述SQ波深度的比值,得到S波序列除数;
- [0428] 计算所述S波序列除数的余数,得到所述S波序列除余值。
- [0429] 在上述实施例的基础上,当所述ST波段基线特征为所述T波序列除余值时,一个或多个处理器90还实现如下操作:
- [0430] 计算所述T波序列与所述SQ波深度的比值,得到T波序列除数;
- [0431] 计算所述T波序列除数的余数,得到所述T波序列除余值。
- [0432] 在上述实施例的基础上,所述形态特征包括ST波段特征,一个或多个处理器90还实现如下操作:
- [0433] 在所述信号波形中,提取RR间期序列;
- [0434] 根据所述RR间期序列,获取RR间期统计特征;所述RR间期统计特征包括所述RR间期序列的数量、均值、最大值、最小值、中位数、方差、偏度、峰度以及宽度中的至少一种;
- [0435] 将所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述RR间期统计特征、所述ST波段斜率特征和所述ST波段基线特征进行分类的结果。
- [0436] 在上述实施例的基础上,当所述RR间期统计特征为所述RR间期序列的宽度时,一个或多个处理器90还实现如下操作:
- [0437] 计算所述RR间期序列的最小值,得到RR间期序列最小值,以及,计算所述RR间期序列的最大值,得到RR间期序列最大值;
- [0438] 计算所述RR间期序列最大值与所述RR间期序列最小值的差值,作为所述RR间期序

列的宽度。

[0439] 在上述实施例的基础上,当所述形态特征为P波变化特征时,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0440] 获取P波序列;

[0441] 计算所述P波序列的最小值,得到P波序列最小值,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波序列最大值;

[0442] 计算所述P波序列最大值与所述P波序列最小值的差值,得到P波序列差值;

[0443] 计算所述P波序列差值的最大值,得到P波变化特征分子,以及,计算所述P波序列的最大值,得到P波变化特征分母;

[0444] 计算所述P波变化特征分子与所述P波变化特征分母的比值,作为所述P波变化特征。

[0445] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0446] 在所述信号波形中,提取QRS间期信号序列;

[0447] 根据所述QRS间期信号序列,获取QRS间期统计特征;所述QRS间期统计特征包括所述QRS间期信号序列的均值、标准差、方差、核密度、峰度以及偏度中的至少一种;

[0448] 将所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征输入至所述分类器;所述分类结果为所述分类器根据所述QRS间期统计特征和所述P波变化特征进行分类的结果。

[0449] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0450] 采用所述信号波形训练基于深度学习的节律特征检测器;

[0451] 获取训练后的节律特征检测器的最优网络结构;

[0452] 获取所述最优网络结构的全连接层数据,作为所述深层特征。

[0453] 在上述实施例的基础上,所述节律特征检测器包括卷积神经网络检测器、循环神经网络检测器、卷积循环神经网络检测器、深度神经网络检测器中的至少一种。

[0454] 在上述实施例的基础上,所述分类器包括K-近邻(KNN)分类器、adboost分类器、xgboost分类器、逻辑回归分类器、支持向量机分类器中的至少一种。

[0455] 在上述实施例的基础上,一个或多个处理器90还实现如下操作:

[0456] 获取所述K-近邻(KNN)分类器、所述adboost分类器、所述xgboost分类器、所述逻辑回归分类器或所述支持向量机分类器的分类结果;

[0457] 将所述分类结果输入至多层感知器;

[0458] 获取所述多层感知器的多模型分类结果,得到所述心电信号的信号类型;所述多模型分类结果为所述多层感知器根据所述形态特征进行分类的结果;所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0459] 实施例四

[0460] 本申请实施例四还提供一种包含计算机可执行指令的存储介质,所述计算机可执行指令在由计算机处理器执行时用于执行一种心电信号检测分类方法,包括:

[0461] 在心电信号中,提取信号波形;

[0462] 获取所述信号波形的形态特征和深层特征;所述形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征、P波变化特征中的任意一种;所述深层特征包括深度特征和层次特征;

[0463] 将所述形态特征和所述深层特征输入至分类器；

[0464] 获取所述分类器输出的分类结果，得到所述心电信号的信号类型；所述分类结果为所述分类器根据所述形态特征和所述深层特征进行分类的结果；所述信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。

[0465] 当然，本申请实施例所提供的一种包含计算机可执行指令的存储介质，其计算机可执行指令不限于如上所述的心电信号检测分类方法操作，还可以执行本申请任意实施例所提供的心电信号检测分类方法中的相关操作，且具备相应的功能和有益效果。

[0466] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器 (ROM)、可编程ROM (PROM)、电可编程ROM (EPROM)、电可擦除可编程ROM (EEPROM) 或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器 (RAM) 或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM以多种形式可得，诸如静态RAM (SRAM)、动态RAM (DRAM)、同步DRAM (SDRAM)、双数据率SDRAM (DDRSDRAM)、增强型SDRAM (ESDRAM)、同步链路 (Synchlink) DRAM (SLDRAM)、存储器总线 (Rambus) 直接RAM (RDRAM)、直接存储器总线动态RAM (DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM (RDRAM) 等。

[0467] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0468] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

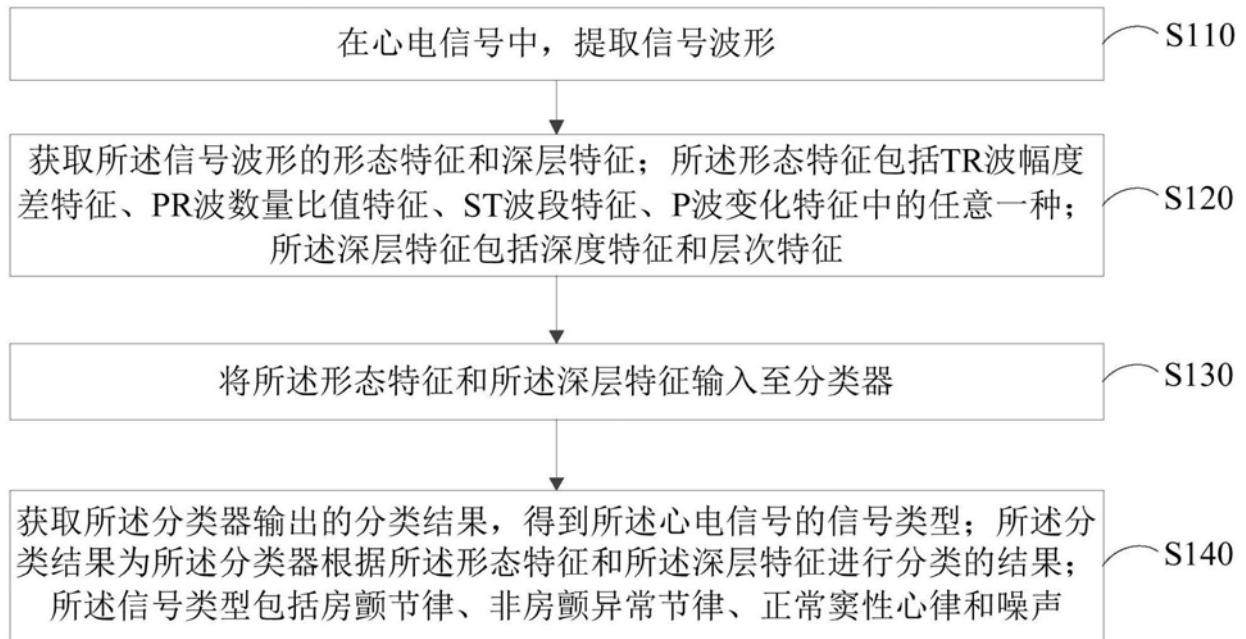


图1

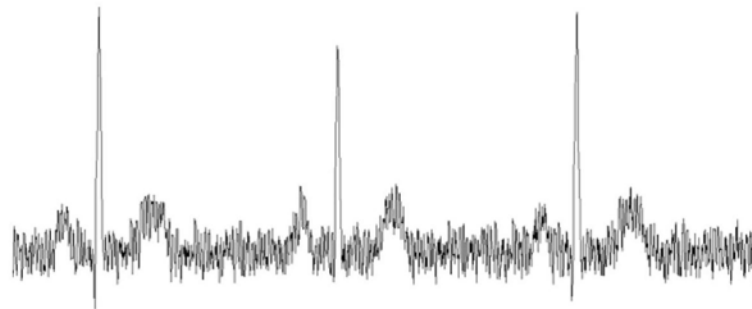


图2

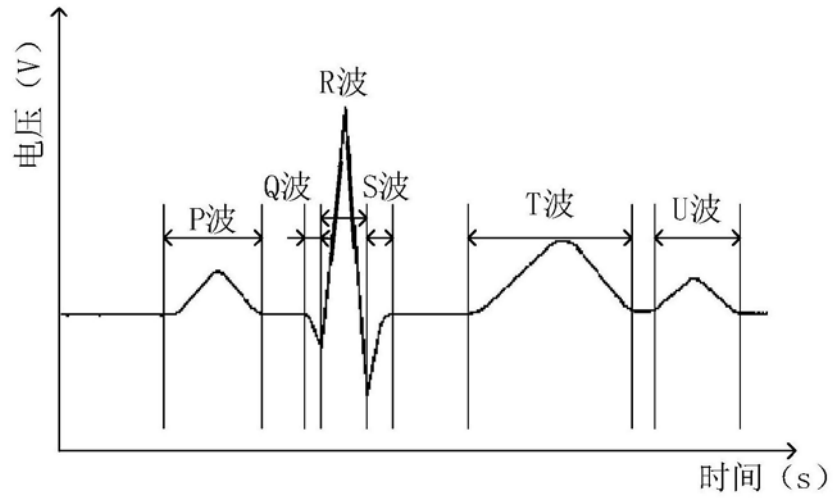


图3

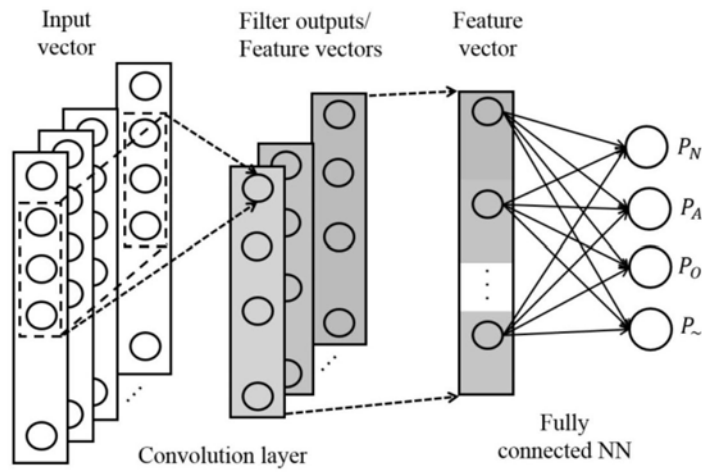


图4

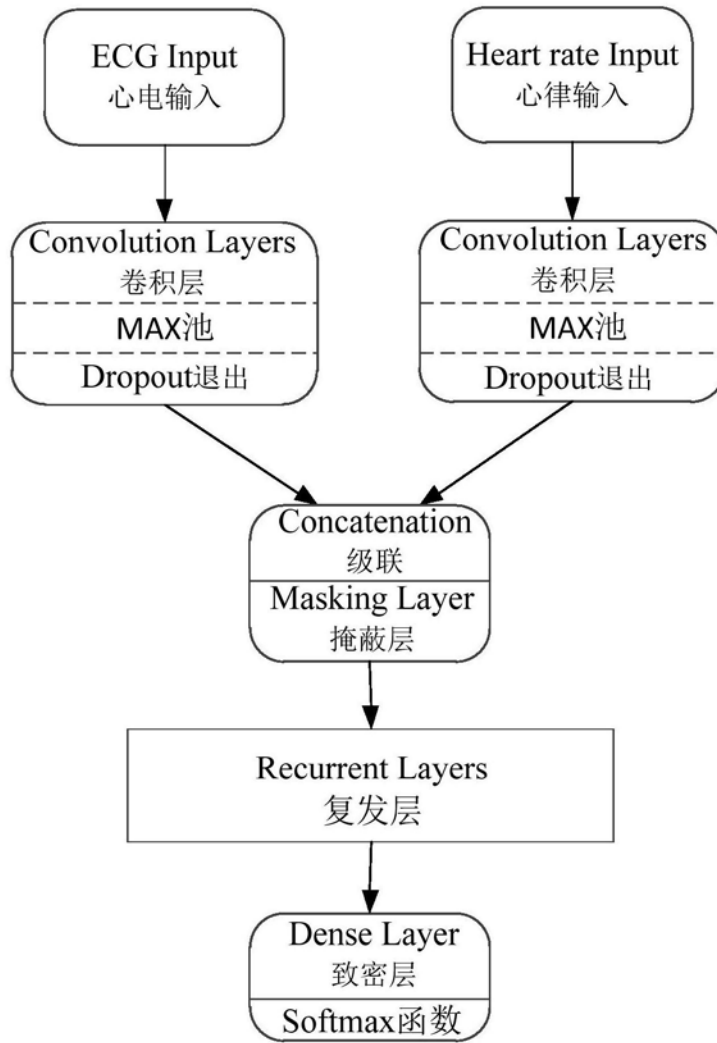


图5

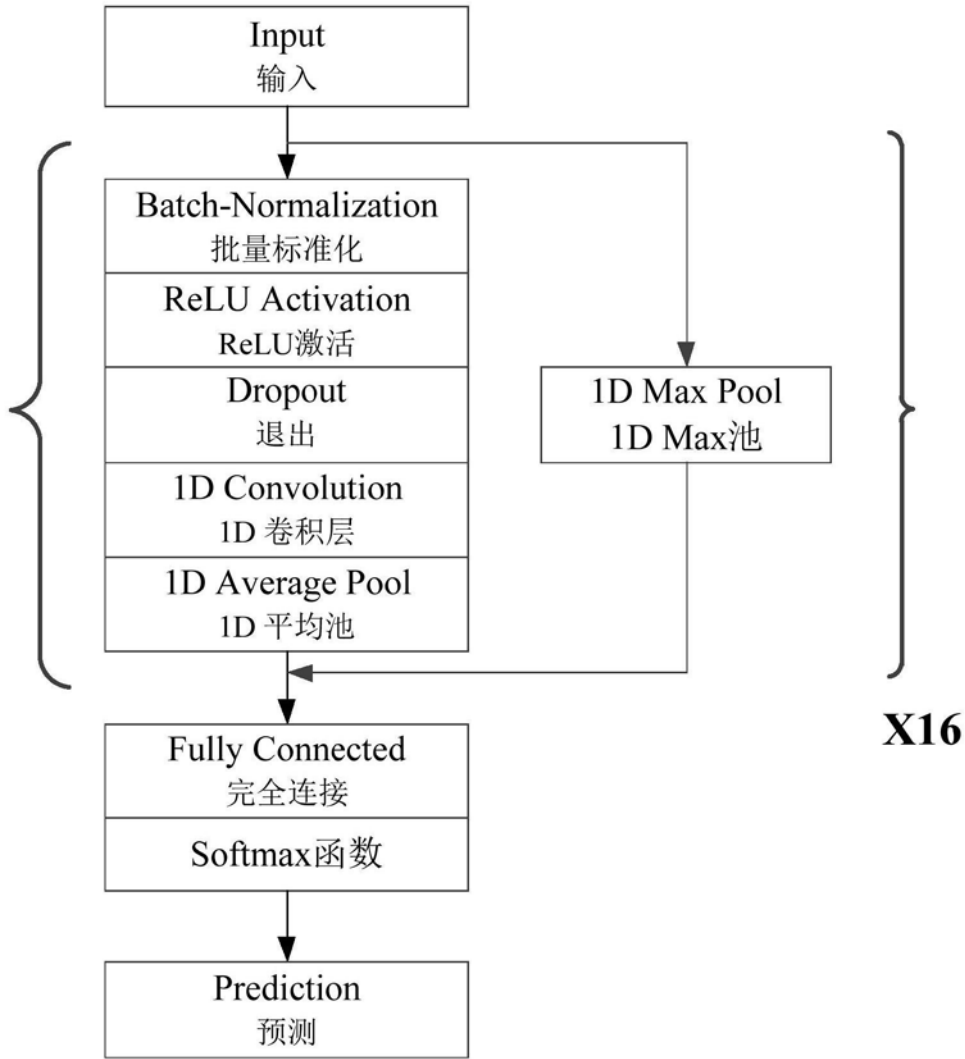


图6

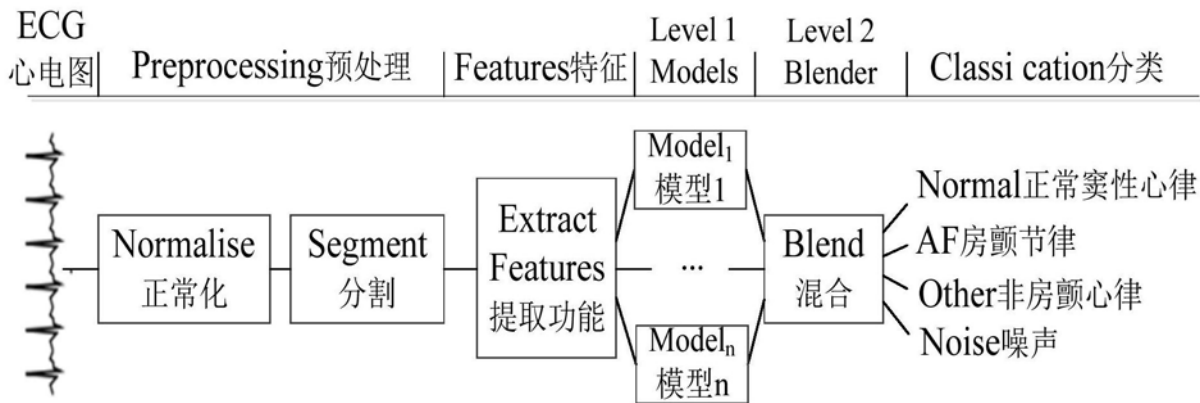


图7

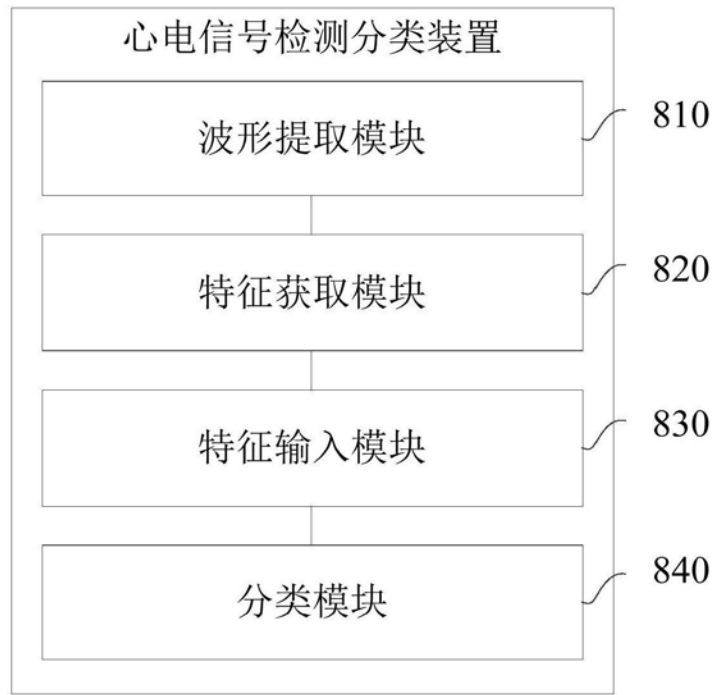


图8

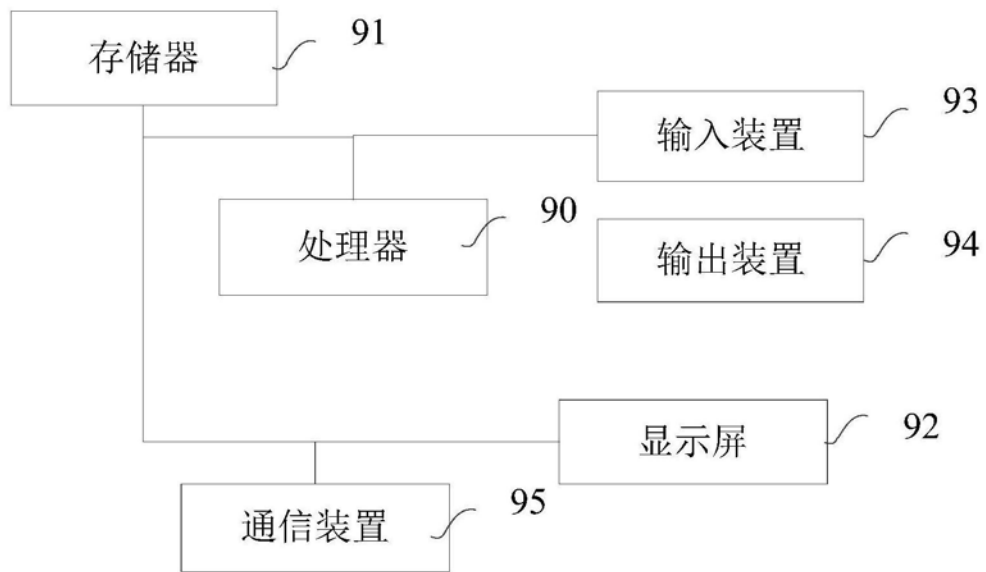


图9

专利名称(译)	心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质		
公开(公告)号	CN110226921A	公开(公告)日	2019-09-13
申请号	CN201910567569.9	申请日	2019-06-27
[标]申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	广州视源电子科技股份有限公司		
[标]发明人	胡静 赵巍		
发明人	胡静 赵巍		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/04 A61B5/0452 A61B5/046		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/0452 A61B5/046 A61B5/7267		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本申请涉及一种心电信号检测分类方法、装置、电子设备和存储介质。包括：在心电信号中，提取信号波形；获取信号波形的形态特征和深层特征；形态特征包括TR波幅度差特征、PR波数量比值特征、ST波段特征和P波变化特征中的任意一种；深层特征包括深度特征和层次特征；将形态特征和深层特征输入至分类器；获取分类器输出的分类结果，得到心电信号的信号类型；分类结果为分类器根据形态特征和深层特征进行分类的结果；信号类型包括房颤节律、非房颤异常节律、正常窦性心律和噪声。采用上述方案可以准确识别出各种类型的异常节律，避免了将心动过速，心动过缓，心律失常等非房颤类型的异常节律错误分类为房颤类型的情况，提升了心电信号分类的准确性。

