



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107007263 A

(43)申请公布日 2017.08.04

(21)申请号 201710277177.X

(22)申请日 2017.04.25

(71)申请人 中国科学院计算技术研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村科学院  
南路6号

(72)发明人 陈益强 魏代华 忽丽莎 蒋鑫龙

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理  
有限公司 11006

代理人 祁建国 梁挥

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

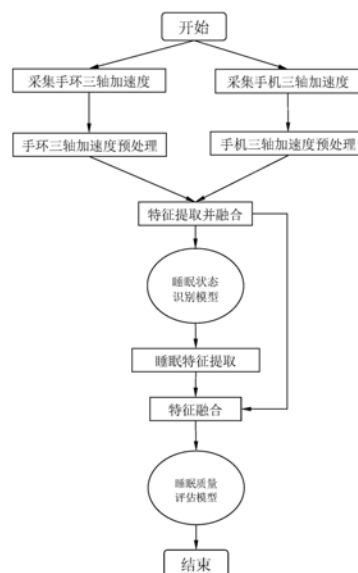
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

### (54)发明名称

一种普适化的睡眠质量测评方法和系统

### (57)摘要

本发明涉及一种普适化的睡眠质量测评方法和系统,包括:通过智能手环、手机内置的加速度传感器,分别采集并合成手环合成加速度、手机合成加速度;采用特征提取窗口分别提取手环合成加速度、手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征,并将手环运动特征和手机运动特征做时序上的动态对齐,生成测试样本;将测试样本输入睡眠状态识别模型,获取睡眠状态,以提取睡眠特征;将睡眠特征添加至测试样本,并将测试样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量评估等级。本发明融合了手环与手机的多元信息,利用两个同构运动传感器当穿戴于用户腕部和放置于用户睡眠环境中时的特征互补优势,从而获得高精度的睡眠状态识别结果和睡眠质量评估结果。



1. 一种普适化的睡眠质量测评方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,通过智能手环、智能手机内置的加速度传感器,分别采集手环三轴加速度、手机三轴加速度;

步骤2,分别对该手环三轴加速度、该手机三轴加速度进行加速度合成,生成手环合成加速度、手机合成加速度;

步骤3,采用特征提取窗口分别提取该手环合成加速度、该手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征,并将该手环运动特征和该手机运动特征做时序上的动态对齐,生成测试样本;

步骤4,将测试样本输入睡眠状态识别模型,获取该测试样本的睡眠状态;

步骤5,根据该睡眠状态提取睡眠特征;

步骤6,将该睡眠特征添加至该测试样本,并将包含睡眠特征的该测试样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量的评估等级。

2. 如权利要求1所述的普适化的睡眠质量测评方法,其特征在于,步骤4中该睡眠状态识别模型的建立过程包括:

步骤41,利用手环内置加速度计离线采集用户睡眠时的多组三轴加速度,作为身体运动数据,利用手机内置加速度传感器采集该用户睡眠时多组睡眠环境的三轴加速度,作为环境运动数据;

步骤42,对该环境运动数据、身体运动数据中的三轴加速度进行合成,生成多个身体合成加速度与环境合成加速度;

步骤43,分别对该身体合成加速度、该环境合成加速度提取时域特征和频域特征,作为身体运动特征和环境运动特征;

步骤44,对各身体运动特征、环境运动特征做基于时序对齐关系的动态对齐,生成训练样本;

步骤45,根据睡眠状态为该训练样本中的各身体运动特征、环境运动特征赋予类别标号,形成初始训练数据集;

步骤46,根据该初始训练数据集,利用随机森林分类器训练生成睡眠状态识别模型。

3. 如权利要求2所述的普适化的睡眠质量测评方法,其特征在于,步骤6中该睡眠质量评估模型的建立过程包括:

步骤61,根据该初始训练数据集中各训练样本的睡眠状态,提取睡眠状态的睡眠特征,然后将该睡眠特征与身体运动特征、环境运动特征相融合,生成睡眠质量评估模型训练数据集,根据该睡眠质量评估模型训练数据集建立该睡眠质量评估模型。

4. 如权利要求1所述的普适化的睡眠质量测评方法,其特征在于,步骤3中该特征提取窗口的时长为 $T$ ,且相邻两个特征提取窗口间的合成加速度数据有 $T/2$ 的重叠,其中该合成加速度数据包括手环合成加速度与手机合成加速度, $T$ 为30秒。

5. 如权利要求1所述的普适化的睡眠质量测评方法,其特征在于,步骤3中该时序上的动态对齐以手环或手机的时序为基准。

6. 一种普适化的睡眠质量测评系统,其特征在于,包括如下模块:

加速度采集模块,用于通过智能手环、智能手机内置的加速度传感器,分别采集手环三轴加速度、手机三轴加速度;

第一加速度合成模块,用于分别对该手环三轴加速度、该手机三轴加速度进行加速度合成,生成手环合成加速度、手机合成加速度;

第一运动特征提取模块,用于采用特征提取窗口分别提取该手环合成加速度、该手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征,并将该手环运动特征和该手机运动特征做时序上的动态对齐,生成测试样本;

睡眠状态识别模块,用于将测试样本输入睡眠状态识别模型,识别该测试样本的睡眠状态;

睡眠特征提取模块,用于根据该睡眠状态提取睡眠特征;

睡眠质量评估模块,用于将该睡眠特征添加至该测试样本,并将包含睡眠特征的该测试样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量的评估等级。

7.如权利要求1所述的普适化的睡眠质量测评系统,其特征在于,该睡眠状态识别模块包括:

运动数据采集模块,用于利用手环内置加速度计离线采集用户睡眠时的多组三轴加速度,作为身体运动数据,利用手机内置加速度传感器采集该用户睡眠时多组睡眠环境的三轴加速度,作为环境运动数据;

第二加速度合成模块,用于对该环境运动数据、身体运动数据中的三轴加速度进行合成,生成多个身体合成加速度与环境合成加速度;

第二运动特征提取模块,用于分别对该身体合成加速度、该环境合成加速度提取时域特征和频域特征,作为身体运动特征和环境运动特征;

训练样本生成模块,用于对各身体运动特征、环境运动特征做基于时序对齐关系的动态对齐,生成训练样本;

初始训练数据集生成模块,根据睡眠状态为该训练样本中的各身体运动特征、环境运动特征赋予类别标号,形成初始训练数据集;

睡眠状态识别模型生成模块,根据该初始训练数据集,利用随机森林分类器训练生成该睡眠状态识别模型。

8.如权利要求7所述的普适化的睡眠质量测评系统,其特征在于,该睡眠质量评估模块包括:

睡眠质量评估模型建立模块,根据该初始训练数据集中各训练样本的睡眠状态,提取睡眠状态的睡眠特征,然后将该睡眠特征与该身体运动特征、该环境运动特征相融合,生成睡眠质量评估模型训练数据集,根据该睡眠质量评估模型训练数据集建立该睡眠质量评估模型。

9.如权利要求6所述的普适化的睡眠质量测评系统,其特征在于,第一运动特征提取模块中该特征提取窗口的时长为 $T$ ,且相邻两个特征提取窗口间的合成加速度数据有 $T/2$ 的重叠,其中该合成加速度数据包括手环合成加速度与手机合成加速度, $T$ 为30秒。

10.如权利要求6所述的普适化的睡眠质量测评系统,其特征在于,第一运动特征提取模块中该时序上的动态对齐以手环或手机的时序为基准。

## 一种普适化的睡眠质量测评方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及睡眠健康监护及普适计算领域,具体涉及一种普适化的睡眠质量测评方法和系统。

### 背景技术

[0002] 睡眠是人重要的生理活动之一,睡眠质量对人的健康会产生重要的影响。根据中国医师协会公布的《2015年中国睡眠指数报告》数据,2014年22%的中国人存在严重的睡眠问题,而2015年这一比例上升为31.2%。随着诸如智能手机、智能手表、智能手环(简称:手环)等可穿戴设备或移动终端的普及,基于普适化设备的睡眠健康监测成为可能,并且具有相比之前的检测方法独特的优势。无需附加的成本和设备,这对于长期的睡眠健康监测具有重大的意义。

[0003] 睡眠健康监测目前主要包括三方面的监测:睡眠行为识别、睡眠状态(分期)识别和睡眠质量评估。睡眠行为识别主要是检测用户的是否处于睡眠,主要监测结果是睡眠的时长和睡眠延时,及晚醒等睡眠相关数据;睡眠状态识别主要是针对睡眠数据,进一步识别用户处于哪种不同的睡眠状态。(根据睡眠的深浅程度,可将睡眠行为分为三种状态:快速眼动状态、浅睡状态和深睡状态);睡眠质量评估是对用户的睡眠质量进行一个有效的等级或量化评估。

[0004] 近年来,基于可穿戴设备或移动终端的睡眠检测和评估得到了广泛研究,主要是基于人身体的运动信息,这是由于人在不同的睡眠状态下,身体肌肉的紧张度、呼吸、心率等会有一定程度的不同。例如,专利CN106344034A涉及一种睡眠质量评估系统,包括腕动信息采集单元、心率信息采集单元、无线数据传输单元和智能终端;这里结合腕动信息和心率信息两种数据进行睡眠质量评估。但这种方法仅仅依赖运动数据和心率直接对睡眠质量进行评估的方法并不能得到一个很好的评估效果;专利CN105231997A通过融合睡眠状态评分、睡眠习惯评分和睡眠环境评分来进行睡眠质量评分,但需要特定的睡眠仪设备,且并没有说明如何得到准确的睡眠分期数据;专利CN104523262A通过检测用户的心电信号和心率信号进行睡眠质量检测,需要特殊的数据采集设备;专利CN103892796A利用腕带式睡眠监测仪、智能手机模块、后台服务器分析系统对睡眠进行监测,主要检测用户的作息习惯(睡眠行为);专利CN105640508A通过可穿戴设备采集用户日常活动的的数据检测睡眠的起始点和终止点,对睡眠时长进行检测;专利CN105982642A通过从体震信号中提取呼吸及心率信息,进而建立睡眠检测算法对睡眠质量进行评估,需要特殊设计的装置,仅仅通过对睡眠的检测对睡眠质量进行评估。

[0005] 虽然睡眠状态检测和评估已有较多的方法,但已有的方法不能同时满足普适化、高精度、低功耗、长期监测的要求。睡眠质量测评要求连续实时用户的睡眠质量,这对识别设备的普适性、准确性、是否可以长期监测等提出了挑战;当前的睡眠质量测评方法或系统存在识别环境要求高,设备费用昂贵,识别结果可信度低的问题,不能同时满足普适性、高精度、长期监测的要求。

## 发明内容

[0006] 为了解决上述单独基于手环或者手机运动传感器的睡眠质量测评方法都存在识别结果可信度低的问题,本发明提供一种利用普适化设备,低功耗采样情况下,高精度识别睡眠状态,且根据睡眠状态数据准确有效的评估睡眠质量等级。

[0007] 具体地说,本发明提供了一种普适化的睡眠质量测评方法,其中包括如下步骤:

[0008] 步骤1,通过智能手环、智能手机内置的加速度传感器,分别采集手环三轴加速度、手机三轴加速度;

[0009] 步骤2,分别对该手环三轴加速度、该手机三轴加速度进行加速度合成,生成手环合成加速度、手机合成加速度;

[0010] 步骤3,采用特征提取窗口分别提取该手环合成加速度、该手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征,并将该手环运动特征和该手机运动特征做时序上的动态对齐,生成测试样本;

[0011] 步骤4,将测试样本输入睡眠状态识别模型,获取该测试样本的睡眠状态;

[0012] 步骤5,根据该睡眠状态提取睡眠特征;

[0013] 步骤6,将该睡眠特征添加至该测试样本,并将包含睡眠特征的该测试样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量的评估等级。

[0014] 该普适化的睡眠质量测评方法,其中步骤4中该睡眠状态识别模型的建立过程包括:

[0015] 步骤41,利用手环内置加速度计离线采集用户睡眠时的多组三轴加速度,作为身体运动数据,利用手机内置加速度传感器采集该用户睡眠时多组睡眠环境的三轴加速度,作为环境运动数据;

[0016] 步骤42,对该环境运动数据、身体运动数据中的三轴加速度进行合成,生成多个身体合成加速度与环境合成加速度;

[0017] 步骤43,分别对该身体合成加速度、该环境合成加速度提取时域特征和频域特征,作为身体运动特征和环境运动特征;

[0018] 步骤44,对各身体运动特征、环境运动特征做基于时序对齐关系的动态对齐,生成训练样本;

[0019] 步骤45,根据睡眠状态为该训练样本中的各身体运动特征、环境运动特征赋予类别标号,形成初始训练数据集;

[0020] 步骤46,根据该初始训练数据集,利用随机森林分类器训练生成睡眠状态识别模型。

[0021] 该普适化的睡眠质量测评方法,其中步骤6中该睡眠质量评估模型的建立过程包括:

[0022] 步骤61,根据该初始训练数据集中各训练样本的睡眠状态,提取睡眠状态的睡眠特征,然后将该睡眠特征与身体运动特征、环境运动特征相融合,生成睡眠质量评估模型训练数据集,根据该睡眠质量评估模型训练数据集建立该睡眠质量评估模型。

[0023] 该普适化的睡眠质量测评方法,其中步骤3中该特征提取窗口的时长为 $T$ ,且相邻两个特征提取窗口间的合成加速度数据有 $T/2$ 的重叠,其中该合成加速度数据包括手环合

成加速度与手机合成加速度,  $T$ 为30秒。

[0024] 该普适化的睡眠质量测评方法, 其中步骤3中该时序上的动态对齐以手环或手机的时序为基准。

[0025] 本发明还提供了一种普适化的睡眠质量测评系统, 其中包括如下模块:

[0026] 加速度采集模块, 用于通过智能手环、智能手机内置的加速度传感器, 分别采集手环三轴加速度、手机三轴加速度;

[0027] 第一加速度合成模块, 用于分别对该手环三轴加速度、该手机三轴加速度进行加速度合成, 生成手环合成加速度、手机合成加速度;

[0028] 第一运动特征提取模块, 用于采用特征提取窗口分别提取该手环合成加速度、该手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征, 并将该手环运动特征和该手机运动特征做时序上的动态对齐, 生成测试样本;

[0029] 睡眠状态识别模块, 用于将测试样本输入睡眠状态识别模型, 识别该测试样本的睡眠状态;

[0030] 睡眠特征提取模块, 用于根据该睡眠状态提取睡眠特征;

[0031] 睡眠质量评估模块, 用于将该睡眠特征添加至该测试样本, 并将包含睡眠特征的该测试样本输入睡眠质量评估模型, 得到睡眠质量的评估等级。

[0032] 该普适化的睡眠质量测评系统, 其中该睡眠状态识别模块包括:

[0033] 运动数据采集模块, 用于利用手环内置加速度计离线采集用户睡眠时的多组三轴加速度, 作为身体运动数据, 利用手机内置加速度传感器采集该用户睡眠时多组睡眠环境的三轴加速度, 作为环境运动数据;

[0034] 第二加速度合成模块, 用于对该环境运动数据、身体运动数据中的三轴加速度进行合成, 生成多个身体合成加速度与环境合成加速度;

[0035] 第二运动特征提取模块, 用于分别对该身体合成加速度、该环境合成加速度提取时域特征和频域特征, 作为身体运动特征和环境运动特征;

[0036] 训练样本生成模块, 用于对各身体运动特征、环境运动特征做基于时序对齐关系的动态对齐, 生成训练样本;

[0037] 初始训练数据集生成模块, 根据睡眠状态为该训练样本中的各身体运动特征、环境运动特征赋予类别标号, 形成初始训练数据集;

[0038] 睡眠状态识别模型生成模块, 根据该初始训练数据集, 利用随机森林分类器训练生成该睡眠状态识别模型。

[0039] 该普适化的睡眠质量测评系统, 其中该睡眠质量评估模块包括:

[0040] 睡眠质量评估模型建立模块, 根据该初始训练数据集中各训练样本的睡眠状态, 提取睡眠状态的睡眠特征, 然后将该睡眠特征与该身体运动特征、该环境运动特征相融合, 生成睡眠质量评估模型训练数据集, 根据该睡眠质量评估模型训练数据集建立该睡眠质量评估模型。

[0041] 该普适化的睡眠质量测评系统, 其中第一运动特征提取模块中该特征提取窗口的时长为 $T$ , 且相邻两个特征提取窗口间的合成加速度数据有 $T/2$ 的重叠, 其中该合成加速度数据包括手环合成加速度与手机合成加速度,  $T$ 为30秒。

[0042] 该普适化的睡眠质量测评系统, 其中第一运动特征提取模块中该时序上的动态对

齐以手环或手机的时序为基准。

[0043] 本发明提出的睡眠状态识别方法融合了手环与手机的多元信息,利用两个同构运动传感器当穿戴于用户腕部和放置于用户睡眠环境中时的特征互补优势,从而获得高精度的睡眠状态识别结果;提出的睡眠质量评估方法融合了睡眠状态数据和运动数据的多元信息,从而达到准确评估睡眠质量。

## 附图说明

[0044] 图1为本发明睡眠质量评估方法工作流程图;

[0045] 图2为模型离线训练的流程图;

[0046] 图3为模型在线测试的流程图。

## 具体实施方式

[0047] 本发明提出了一种普适化的睡眠质量测评方法,该算法同时从手环与手机内置的加速度传感器提取人身体和睡眠环境(例如:床)的运动特征,进而利用两种运动特征的互补特性(既捕获了主要的身体运动信息,又提取了睡眠环境的运动信息),得到一种普适化的睡眠质量测评方法。

[0048] 方法工作流程如图1所示,主要步骤包括:

[0049] 步骤1:通过手环与手机内置的加速度传感器,分别采集手环三轴加速度与手机三轴加速度;

[0050] 步骤2:分别对手环三轴加速度、手机三轴加速度进行加速度合成,生成手环合成加速度与手机合成加速度,其中该手环合成加速度与该手机合成加速度均为标量;

[0051] 步骤3:以手环或手机的时序为基准,采用时长为T的特征提取窗口分别提取该手环合成加速度、该手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征,相邻两个特征提取窗口间的合成加速度数据有T/2的重叠,并将该手环运动特征和该手机运动特征做时序上的动态对齐,生成测试样本,其中若以手环为时序基准,动态对齐主要体现在手环是基于固定窗口(数据个数)提取特征,但手机是根据手环特征所处的时间范围(数据起始点的时间戳范围,和数据个数无关)进行特征提取,然后基于时间序列组合对齐;

[0052] 步骤4:根据睡眠状态识别模型获取该测试样本的睡眠状态,该睡眠状态包括快速眼动状态、浅睡状态和深睡状态;

[0053] 步骤5:根据该睡眠状态提取睡眠特征(睡眠状态的特征);

[0054] 步骤6:将该睡眠特征融入测试样本,将测试样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量的评估等级,结束。

[0055] 在这种普适化的睡眠质量测评方法中,涉及一个多元信息融合的睡眠状态识别方法和一个多元信息融合的睡眠质量评估方法

[0056] 1) 多元信息融合的睡眠状态识别方法。在本发明中,由于融合了用户身体及睡眠环境的运动信息,所以如何将两类特征信息有效的融合变得非常重要,这里以手环时序为基准,划分时间周期,同时基于时序对齐,从对应时间周期提取手机运动特征,合并该手机运动特征和手环运动特征,并将合并后的结果作为训练样本,训练并建立睡眠状态识别模型。

[0057] 2) 多元信息融合的睡眠质量评估方法。在本发明中,在得到睡眠状态数据以后,根据该睡眠状态数据提取睡眠特征,然后将睡眠特征和运动特征相融合,根据融合特征建立睡眠质量评估模型。本发明由于手环与手机分别采集了用户身体和睡眠环境(床)中的运动信息,因此需对该手环合成加速度与该手机合成加速度分别提取时域和频域特征后,对两类特征进行基于时序对齐关系的动态对齐。这样的特征样本中既包含了用户身体的运动信息,也包含了睡眠环境(床)的运动信息。

[0058] 睡眠质量测评算法包含两个部分:模型离线训练以及在线睡眠质量评估。

[0059] 睡眠状态识别模型模型和睡眠质量评估模型的离线训练的过程如图2所示,主要步骤包括:

[0060] 步骤41:离线采集用户睡眠时的多组手环三轴加速度和手机三轴加速度。利用手环内置加速度计离线采集用户睡眠时的多组三轴加速度,作为身体运动数据,利用手机内置加速度传感器采集该用户睡眠时多组睡眠环境的三轴加速度,作为环境运动数据;

[0061] 步骤42:分别对每个身体运动数据和环境运动数据做预处理,预处理包括对各环境运动数据、身体运动数据中的三轴加速度进行合成,生成多个身体合成加速度与环境合成加速度,其中该手环合成加速度与该手机合成加速度均为标量;

[0062] 步骤43:分别对各身体合成加速度、环境合成加速度提取时域特征和频域特征,作为身体运动特征和环境运动特征;

[0063] 步骤44:对各身体运动特征、环境运动特征做基于时序对齐关系的动态对齐,生成训练样本;

[0064] 步骤45:根据睡眠状态为该训练样本中的各身体运动特征、环境运动特征赋予类别标号(如快速眼动状态的类别标号为1,浅度睡眠状态的类别标号为2,深度睡眠状态的类别标号为3),形成初始训练数据集TrainDataSet;

[0065] 步骤46:根据初始训练数据集TrainDataSet,利用随机森林(Random Forest)分类器训练生成睡眠状态识别模型。

[0066] 得到睡眠状态后,提取睡眠特征,并将其与运动特征(手环运动特征、手机运动特征)融合,建立基于多元信息的睡眠质量评估模型。

[0067] 在线睡眠质量测评方法的工作流程如图3所示,主要步骤包括:

[0068] 1) 利用手环内置的加速度传感器采集睡觉时人身体的运动数据,同时使用手机内置的加速度传感器采集睡眠时环境中的运动数据;

[0069] 2) 对手环与手机采集到的运动数据进行预处理,处理方法与离线训练状态相同;

[0070] 3) 从预处理之后的手环与手机传感器数据分别提取时域和频域特征(方法与离线训练状态相同);

[0071] 4) 对手环与手机的数据特征进行基于时序关系的动态对齐(方法与离线训练状态相同),形成测试样本;

[0072] 5) 将测试样本输入睡眠状态识别模型中,得到睡眠状态分类结果;

[0073] 6) 提取睡眠状态数据特征,并将其与运动特征进行多元融合;

[0074] 7) 形成睡眠质量测试样本;

[0075] 8) 输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量等级;

[0076] 9) 识别结束。



[0077] 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,对本发明提出的融合手环与手机的睡眠状态识别方法进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施方式仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0078] 本发明通过生活中常用的可穿戴设备手环和移动终端手机,利用手环与手机中的加速度传感器,来识别用户睡觉时身体的运动和环境中的运动信息,进而识别用户的具体睡眠状态,并通过融合睡眠状态信息与运动信息评估睡眠质量。

[0079] 为了实现在线睡眠质量评估,首先需要离线训练睡眠状态识别模型和睡眠质量评估模型,然后根据模型对传感器数据进行在线识别分类,识别出用户当前所处的睡眠状态并评估用户的睡眠质量等级。为了获得睡眠状态识别的高分类准确率,本发明提出了一种融合手环与手机多元信息的睡眠状态识别方法,将用户的身体运动信息和睡眠环境的运动信息融合起来。1) 通过手环与手机采集用户睡眠时的加速度传感器数据,分别提取手环与手机的加速度数据时域和频域特征;2) 为了提高睡眠状态识别的准确率,将手环与手机的数据特征做基于时序的动态对齐,本发明结合随机森林分类算法构建睡眠状态识别模型,进而精确的对睡眠状态进行分类。为了准确评估睡眠质量的等级,将睡眠状态的数据与运动数据进行特征融合,然后建立睡眠质量评估模型,进而准确评估睡眠质量的等级,这里将睡眠质量分为四个等级(很好,一般,较差,很差)。

[0080] 建立睡眠质量评估模型。睡眠质量测评算法离线训练的过程如图2所示,主要步骤包括:

[0081] 步骤41具体包括,睡眠状态数据采集,离线采集用户睡眠时的手环三轴加速度  $\{(a_{1x1}, a_{1y1}, a_{1z1}), (a_{1x2}, a_{1y2}, a_{1z2}), \dots, (a_{1xn}, a_{1yn}, a_{1zn}), \dots\}$  和手机三轴加速度  $\{(a_{2x1}, a_{2y1}, a_{2z1}), (a_{2x2}, a_{2y2}, a_{2z2}), \dots, (a_{2xn}, a_{2yn}, a_{2zn}), \dots\}$ , 其中  $a_1$  表示手环加速度,  $a_2$  表示手机加速度,  $x, y, z$  分别代表三轴方向,  $n$  取正整数,  $a_{1xn}$  便表示手环在  $x$  轴上的第  $n$  个加速度,  $a_{1yn}$  表示手环在  $y$  轴上的第  $n$  个加速度,  $a_{1zn}$  表示手环在  $z$  轴上的第  $n$  个加速度,  $a_{2xn}$  便表示手机在  $x$  轴上的第  $n$  个加速度,  $a_{2yn}$  表示手机在  $y$  轴上的第  $n$  个加速度,  $a_{2zn}$  表示手机在  $z$  轴上的第  $n$  个加速度;

[0082] 步骤42具体包括,传感器数据预处理。分别对同步采集的手环与手机加速度数据进行加速度合成,即  $A_{1n} = \sqrt{a_{1x_n}^2 + a_{1y_n}^2 + a_{1z_n}^2}$  和  $A_{2n} = \sqrt{a_{2x_n}^2 + a_{2y_n}^2 + a_{2z_n}^2}$ , 得到合成加速度数据  $\{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}, \dots\}$  和  $\{A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2n}, \dots\}$ , 用长度为  $T=30s$  的特征提取窗口对合成加速度数据进行分割,相邻两个特征提取窗口之间的数据有  $T/2$  的重叠,其中  $A_{1n}$  表示第  $n$  个手环合成加速度,  $A_{2n}$  表示第  $n$  个手机环合成加速度;

[0083] 步骤43具体包括,特征提取。分别从每个特征提取窗口提取时域和频域特征,这样就分别得到了手环运动特征、手机运动特征,典型的特征包括但不限于均值、标准方差、过零率、四分位数、中位数、峰度、偏度等(如表1所示)。

[0084] 表1:手环和手机特征列表

[0085]

时域特征	特征说明	频域特征	特征说明
Mean	均值	Shape_Amplitude	幅度均值
Std	方差	Shape_Std	幅度标准差

Max	最大值	Shape_Skew	偏度
Min	最小值	Shape_Kurt	峰度
Mode	众数	Energy	谱能量
Range	范围	Direct_Current	直流分量
1 <sup>st</sup> Quartile	四分之一分位数		
Median	中位数		
3 <sup>rd</sup> Quartile3	四分之三分位数		
R_MeanCrossRate	过均值率		

[0086] 步骤44具体包括,特征融合。得到手环运动特征、手机运动特征(手环与手机的特征样本)以后,对两种特征样本做基于时序对齐关系的动态对齐,即对两种特征做时序上的动态对齐,生成训练样本;

[0087] 步骤45具体包括,为训练样本中的手环运动特征与手机运动特征分别赋予睡眠状态类别标号(如快速眼动状态的类别标号为1,浅度睡眠状态的类别标号为2,深度睡眠状态的类别标号为3),形成初始训练数据集TrainDataSet;

[0088] 步骤46具体包括,根据初始训练数据集TrainDataSet,利用随机森林(Random Forest)分类算法训练一个多分类模型RF,并将该多分类模型RF作为睡眠状态识别模型。

[0089] 建立睡眠质量评估模型。具体包括:步骤61,根据该初始训练数据集中各训练样本的睡眠状态,提取三种睡眠状态的分布特征作为睡眠特征,睡眠特征可包括各睡眠状态之间的转换频次、每种睡眠状态所占比率等,然后将睡眠特征与身体运动特征、环境运动特征相融合,生成睡眠质量评估模型训练数据集,根据该睡眠质量评估模型训练数据集建立基于随机森林的睡眠质量评估模型。

[0090] 在线睡眠质量评估。在线睡眠质量评估的工作流程如图1所示,主要步骤包括:

[0091] (1) 利用内置于手环与手机的加速度传感器在线采集睡眠状态数据;

[0092] (2) 对采集的传感器数据进行预处理,处理方法与离线训练状态相同;

[0093] (3) 从预处理之后的手环与手机传感器数据分别提取时域和频域特征(方法与离线训练状态相同);

[0094] (4) 对手环与手机的数据特征进行基于时序关系的动态对齐(方法与离线训练状态相同),形成测试样本;

[0095] (5) 将测试样本输入多分类模型RF,根据分类结果判断用户所处的睡眠状态;

[0096] (6) 对睡眠状态数据提取特征,并与运动特征进行融合,组成测试样本,将样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量的评估等级。

[0097] (7) 识别结束。

[0098] 以下为与上述方法实施例对应的系统实施例,本实施方式可与上述实施方式互相配合实施。上述实施方式中提到的相关技术细节在本实施方式中依然有效,为了减少重复,这里不再赘述。相应地,本实施方式中提到的相关技术细节也可应用在上述实施方式中。

[0099] 本发明还提供了一种普适化的睡眠质量测评系统,其中包括如下模块:

[0100] 加速度采集模块,用于通过智能手环、智能手机内置的加速度传感器,分别采集手环三轴加速度、手机三轴加速度;

[0101] 第一加速度合成模块,用于分别对该手环三轴加速度、该手机三轴加速度进行加

速度合成,生成手环合成加速度、手机合成加速度;

[0102] 第一运动特征提取模块,用于采用特征提取窗口分别提取该手环合成加速度、该手机合成加速度的手环运动特征、手机运动特征,并将该手环运动特征和该手机运动特征做时序上的动态对齐,生成测试样本;

[0103] 睡眠状态识别模块,用于将测试样本输入睡眠状态识别模型,识别该测试样本的睡眠状态;

[0104] 睡眠特征提取模块,用于根据该睡眠状态提取睡眠特征;

[0105] 睡眠质量评估模块,用于将该睡眠特征添加至该测试样本,并将包含睡眠特征的该测试样本输入睡眠质量评估模型,得到睡眠质量的评估等级。

[0106] 该普适化的睡眠质量测评系统,其中该睡眠状态识别模块包括:

[0107] 运动数据采集模块,用于利用手环内置加速度计离线采集用户睡眠时的多组三轴加速度,作为身体运动数据,利用手机内置加速度传感器采集该用户睡眠时多组睡眠环境的三轴加速度,作为环境运动数据;

[0108] 第二加速度合成模块,用于对该环境运动数据、身体运动数据中的三轴加速度进行合成,生成多个身体合成加速度与环境合成加速度;

[0109] 第二运动特征提取模块,用于分别对该身体合成加速度、该环境合成加速度提取时域特征和频域特征,作为身体运动特征和环境运动特征;

[0110] 训练样本生成模块,用于对各身体运动特征、环境运动特征做基于时序对齐关系的动态对齐,生成训练样本;

[0111] 初始训练数据集生成模块,根据睡眠状态为该训练样本中的各身体运动特征、环境运动特征赋予类别标号,形成初始训练数据集;

[0112] 睡眠状态识别模型生成模块,根据该初始训练数据集,利用随机森林分类器训练生成该睡眠状态识别模型。

[0113] 该普适化的睡眠质量测评系统,其中该睡眠质量评估模块包括:

[0114] 睡眠质量评估模型建立模块,根据该初始训练数据集中各训练样本的睡眠状态,提取睡眠状态的睡眠特征,然后将该睡眠特征与该身体运动特征、该环境运动特征相融合,生成睡眠质量评估模型训练数据集,根据该睡眠质量评估模型训练数据集建立该睡眠质量评估模型。

[0115] 该普适化的睡眠质量测评系统,其中第一运动特征提取模块中该特征提取窗口的时长为 $T$ ,且相邻两个特征提取窗口间的合成加速度数据有 $T/2$ 的重叠,其中该合成加速度数据包括手环合成加速度与手机合成加速度, $T$ 为30秒。

[0116] 该普适化的睡眠质量测评系统,其中第一运动特征提取模块中该时序上的动态对齐以手环或手机的时序为基准。

[0117] 虽然本发明以上述实施例公开,但具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明,任何本技术领域技术人员,在不脱离本发明的构思和范围内,可作一些的变更和完善,故本发明的权利保护范围以权利要求书为准。

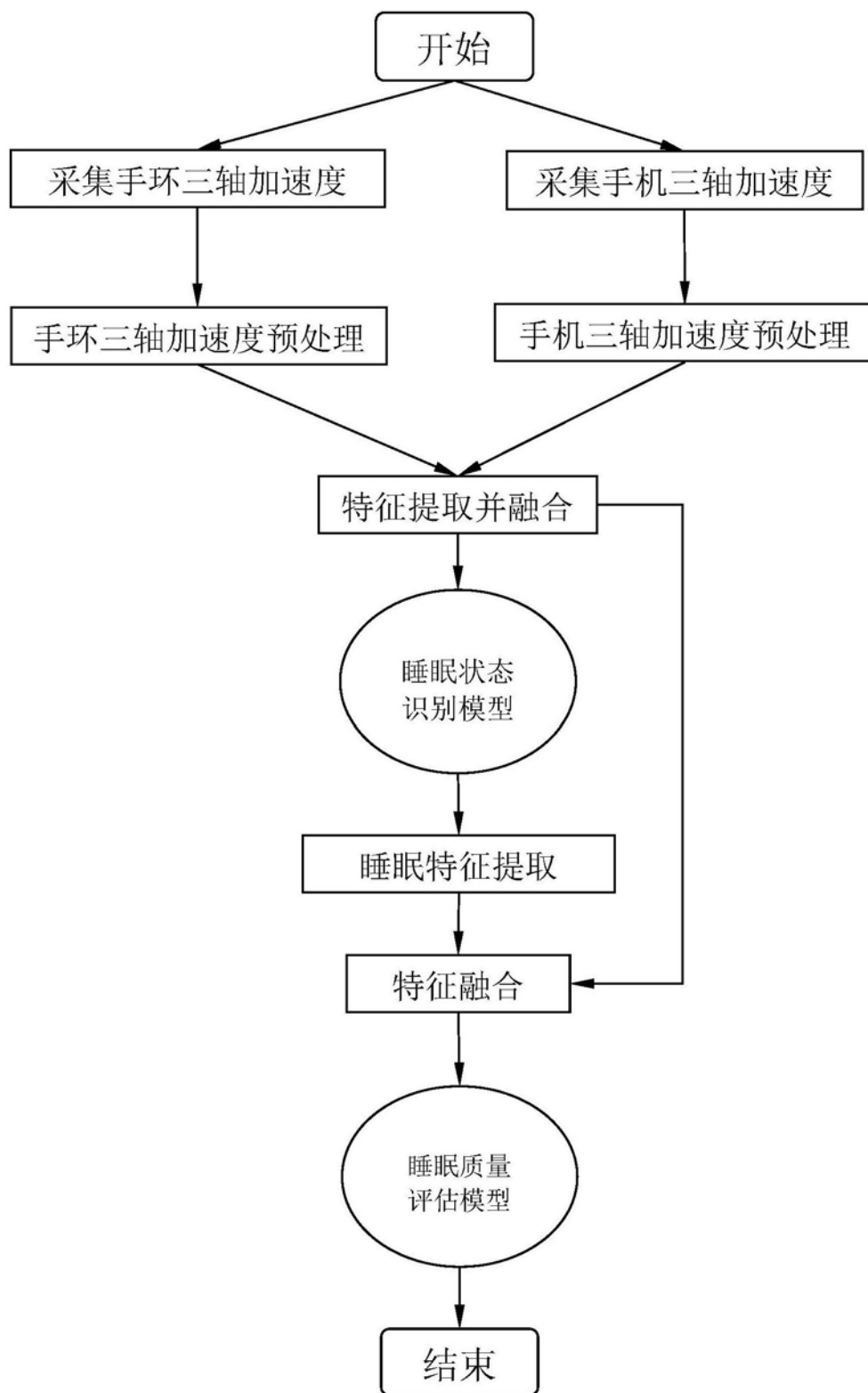


图1

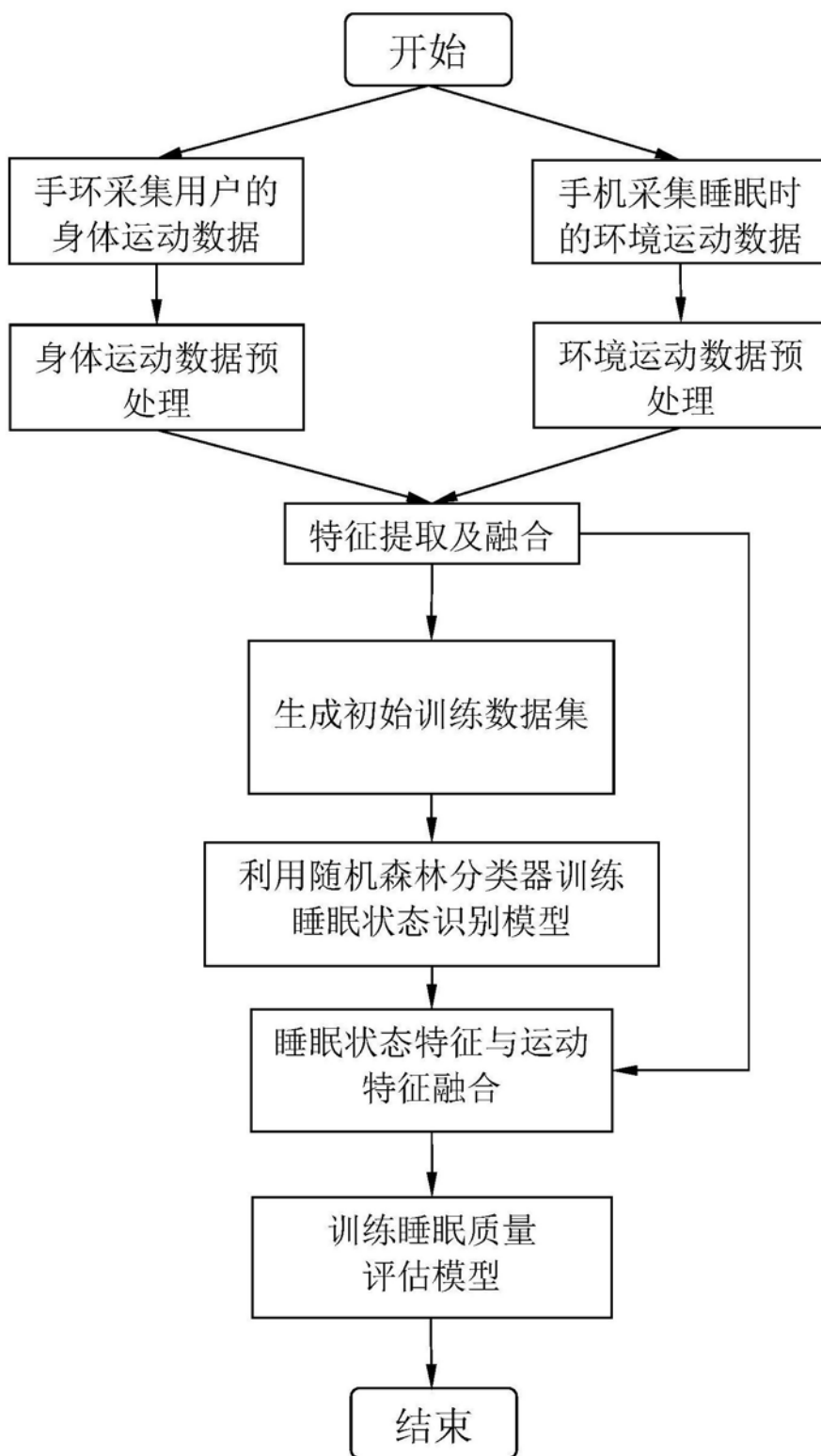


图2

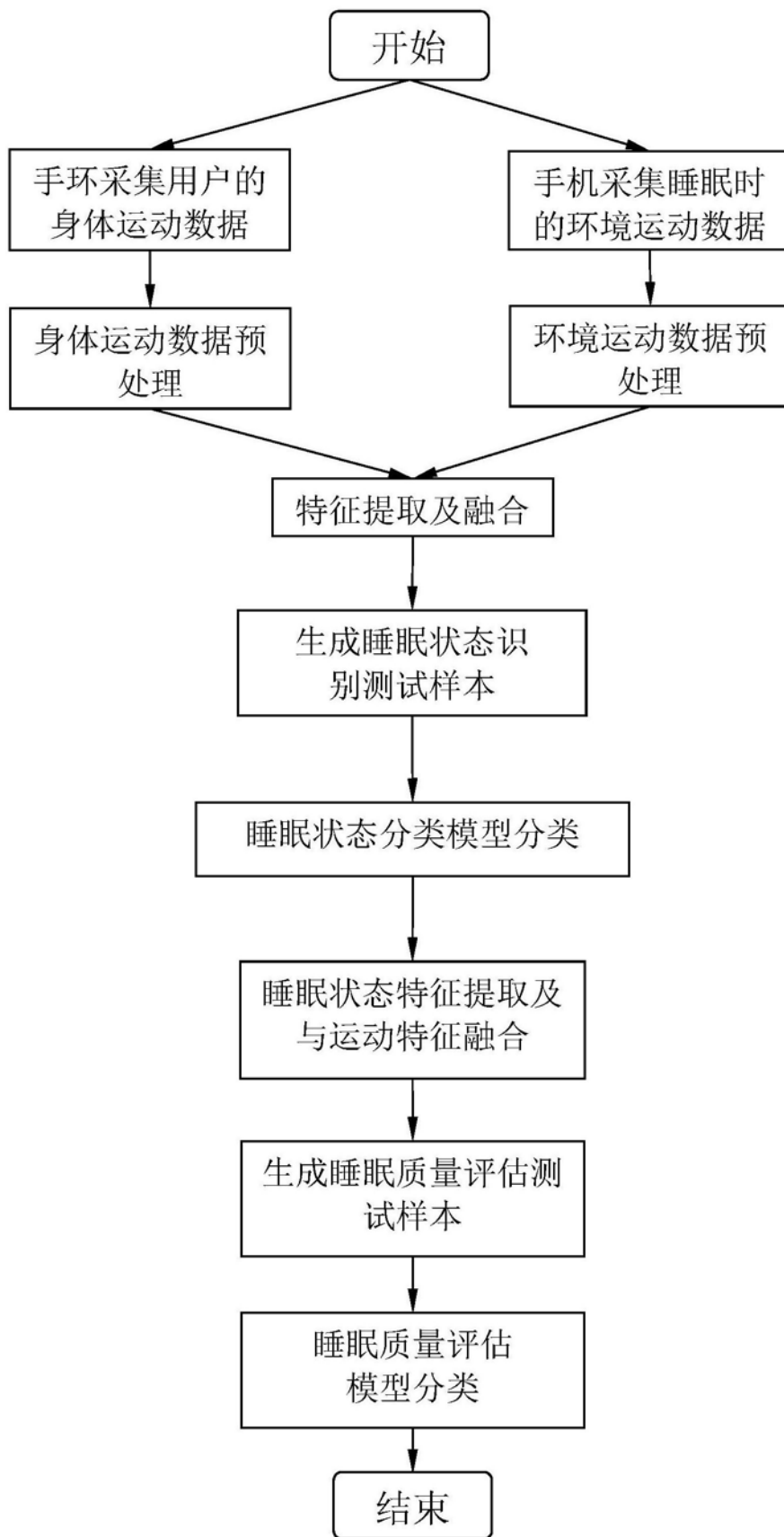


图3