



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116779110 B

(45) 授权公告日 2024.05.31

(21) 申请号 202310984123.2

A61B 5/08 (2006.01)

(22) 申请日 2023.08.07

A61B 5/145 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

A61B 5/346 (2021.01)

申请公布号 CN 116779110 A

A61B 5/372 (2021.01)

(43) 申请公布日 2023.09.19

(56) 对比文件

(73) 专利权人 安徽星辰智跃科技有限责任公司

CN 106473705 A, 2017.03.08

地址 230036 安徽省合肥市高新区香樟大道168号科技实业园B-4#号楼2层-1

CN 111493822 A, 2020.08.07

(72) 发明人 何将

CN 115171850 A, 2022.10.11

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司

CN 116072265 A, 2023.05.05

44245

KR 20190035361 A, 2019.04.03

专利代理师 高宁馨

US 2023043406 A1, 2023.02.09

(51) Int. Cl.

CN 114067435 A, 2022.02.18

G16H 20/70 (2018.01)

WO 2004032719 A2, 2004.04.22

G16H 15/00 (2018.01)

JP 2021037219 A, 2021.03.11

G16H 50/70 (2018.01)

AU 2020102907 A4, 2020.12.17

G06N 20/00 (2019.01)

CN 116392087 A, 2023.07.07

G06F 16/9535 (2019.01)

CN 116504357 A, 2023.07.28

G06F 18/10 (2023.01)

CN 116509337 A, 2023.08.01

G06F 18/20 (2023.01)

CN 116509338 A, 2023.08.01

G06F 18/213 (2023.01)

CN 116525063 A, 2023.08.01

A61B 5/00 (2006.01)

EP 1317943 A1, 2003.06.11

(续)

审查员 王辞

权利要求书9页 说明书18页 附图2页

(54) 发明名称

基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法、系统和装置

(57) 摘要

本发明提供了基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法,包括:获取用户关键生理信息,根据睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和曲线;对睡眠可持续性进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,进行动态调节及效果评

估;建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告。本发明能够实现对用户睡眠可持续性的高效干预调节。



CN 116779110 B

[接上页]

(56) 对比文件

WO 2018180219 A1, 2018.10.04

CN 116369866 A, 2023.07.04

CN 116392083 A, 2023.07.07

WO 2019053071 A1, 2019.03.21

何敏. 基于Hilbert-Huang变换获得睡眠脑电信号特征. 电脑知识与技术. 2015, (第20期), 全文.

陈科; 单姗; 郑红梅. 具有自适应性的实时睡眠信号处理算法研究. 电子测量与仪器学报. 2016, (第10期), 全文.

张俊民; 王蓓; 王行愚. 基于特征融合的ARMA

短时睡眠状态分析. 华东理工大学学报(自然科学版). 2016, (第03期), 全文.

卢福兰; 徐维超. 基于经验模式分解的自动睡眠分期. 工业控制计算机. 2016, (第06期), 全文.

肖余粮; 和卫星; 陈晓平; 吉奕; 吴秋明. 小波变换和小波熵在睡眠脑电信号变化特性研究中的应用价值. 中国临床康复. 2006, (第25期), 全文.

陈晓平; 和卫星; 姚静. 基于小波变换与近似熵的睡眠分期研究. 中国组织工程研究与临床康复. 2008, (第09期), 全文.

1. 一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法,其特征在于,包括以下步骤:

获取用户关键生理信息,根据用户关键生理信息筛选并初始化睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;

对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线;

对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估;

所述对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线的具体步骤还包括:

对所述睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理,得到目标睡眠状态特征曲线;

对所述目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集;

对所述睡眠状态特征IMF分解信号集进行动态地频谱分析,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,生成所述睡眠可持续性特征信号;

根据所述睡眠时相曲线、所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号,动态计算得到所述睡眠可持续性指数并生成所述睡眠可持续性指数曲线;

所述睡眠可持续性指数的计算方法,具体为:

1) 获取当前时帧对应的睡眠时相分期、目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号;

2) 分别对所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号做平方运算并求和,得到目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值;

3) 根据所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值的相对变化量,得到睡眠可持续性节点特征系数;

4) 根据所述睡眠可持续性节点特征系数、模态分解方法修正系数、用户个性修正系数和睡眠时相分期修正系数,计算得到所述睡眠可持续性指数;其中,所述可持续性节点特征系数、所述睡眠时相分期修正系数均与所述睡眠可持续性指数正相关,所述模态分解方法修正系数和所述用户个性修正系数用于修正所述睡眠可持续性指数;

所述睡眠可持续性节点特征系数的一种计算公式,具体为:

$$scpi = \sqrt{\frac{\text{sqr}F_{\text{feas}} - \text{sqr}F_{\text{imf}}}{\text{sqr}F_{\text{feas}}}}$$

其中,scpi为所述睡眠可持续性节点特征系数,sqrF_{feas}、sqrF_{imf}分别为所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值;

所述睡眠可持续性指数的一种计算公式,具体为:

$$SCI = K_{now_stage} * \frac{K_{user} + K_{imf_method}}{2} * scpi$$

其中,SCI为所述睡眠可持续性指数,scpi、 K_{imf_method} 、 K_{user} 、 K_{now_stage} 分别为所述睡眠可持续性节点特征系数、所述模态分解方法修正系数、所述用户个性修正系数和所述睡眠时相分期修正系数,且 $0 < K_{imf_method}$ 、 $K_{user} \leq 1$, $1 \leq K_{now_stage} \leq 2$ 。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取用户关键生理信息,根据用户关键生理信息筛选并初始化睡眠可持续性动态检测调节基本方案的具体步骤还包括:

获取所述用户关键生理信息,并从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选与用户个性化生理信息匹配的所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,初始化用户睡眠可持续性的检测量化和动态调节的过程方法或过程策略。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于:所述用户关键生理信息至少包括性别、年龄、生理健康状态和心理精神状态。

4. 如权利要求2或3所述的方法,其特征在于:所述睡眠可持续性通用数据库具体为由规模的不同健康状态人群的睡眠可持续性的检测量化及动态调节数据库,至少包括所述用户关键生理信息、睡眠可持续性检测调节周期、睡眠可持续性检测量化过程方法参数、睡眠可持续性动态调节过程方法参数或策略、睡眠可持续性指数曲线、睡眠可持续性调节效果曲线和睡眠时相曲线。

5. 如权利要求2或3所述的方法,其特征在于:所述用户个性睡眠可持续性数据库至少包括所述用户关键生理信息、睡眠状态特征曲线、睡眠时相曲线、睡眠可持续性指数曲线、动态调节效果曲线、时相指数分布特征、时相效果分布特征、动态调节综合效果系数、模态分解方法、趋势预测分析方法、睡眠可持续性动态调节策略、所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案。

6. 如权利要求2或3所述的方法,其特征在于:所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案至少包括睡眠可持续性检测量化过程方案、睡眠可持续性动态调节过程方案;若用户为新用户,所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案从所述睡眠可持续性通用数据库中获取,反之则从所述用户个性睡眠可持续性数据库中获取。

7. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线的具体步骤还包括:

对用户睡眠生理信号进行动态地监测采集和信号处理,得到睡眠生理状态数据;

对所述睡眠生理状态数据进行动态地特征分析和特征选择,生成所述睡眠状态特征曲线;对所述睡眠生理状态数据进行动态地睡眠时相分析,生成所述睡眠时相曲线。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述睡眠生理信号至少包括脑电信号、心电信号、呼吸信号中的任一项。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于:所述信号处理至少包括重采样、重参考、去伪迹、信号矫正、降噪、工频陷波、带通滤波、平滑处理和时帧分割;其中,所述时帧分割是指根据信号的采样率,以预设分帧步长对信号数据进行预设分帧时长窗口的连续滑动分割。

10. 如权利要求7所述的方法,其特征在于:所述特征分析至少包括数值分析、包络分

析、时频分析、熵分析、分形分析和复杂度分析中的任一项。

11. 如权利要求10所述的方法,其特征在于:所述睡眠状态特征曲线具体由不同睡眠生理状态数据经所述特征分析得到不同睡眠生理状态特征进行线性组合融合而得到,用于描述用户在不同睡眠时期、不同睡眠时相、不同睡眠状态下的生理状态特征的连续变化曲线;其中,所述睡眠时期至少包括入睡前、睡眠中和睡眠后,所述睡眠时相至少包括清醒觉醒期、浅睡眠期、深睡眠期和快速眼动睡眠期。

12. 如权利要求8或11所述的方法,其特征在于,所述睡眠时相曲线的生成方法具体为:

1) 通过机器学习算法对规模睡眠用户样本的所述睡眠生理状态数据及其对应睡眠时相分期数据进行学习训练和数据建模,得到睡眠时相识别模型;

2) 将当前用户的所述睡眠生理状态数据输入所述睡眠时相识别模型,得到所对应的睡眠时相分期并按时序生成所述睡眠时相曲线。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述去噪声处理至少包括高斯滤波、均值滤波、傅里叶变换滤波、小波变换滤波和小波包变换滤波中的任一种方法,用于消除由于信号来自体表生理采集和分帧式的信号特征分析对睡眠状态刻画的不连续性,而在所述睡眠状态特征曲线中引入的高斯噪声或白噪声干扰。

14. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述模态分解至少包括经验模态分解、变分模态分解中的任一项。

15. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,所述经验模态分解的方法至少包括EMD、EEMD、CEEMD、CEEMDAN、ICEEMDAN、ESMD中的任意一项。

16. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,所述变分模态分解的方法至少包括VMD、改进型VMD中的任意一项。

17. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述特征曲线高频阈值由所述睡眠状态特征曲线的睡眠生理状态特征线性组合融合的数据来源决定。

18. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述睡眠可持续性指数曲线由按照时序拼接所述睡眠可持续性指数而生成得到。

19. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于:所述对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估的具体步骤还包括:

对所述睡眠状态特征曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠状态特征预测值;

对所述睡眠可持续性指数曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠可持续性指数预测值;

根据所述睡眠状态特征预测值和所述睡眠可持续性指数预测值,按照睡眠可持续性检测调节周期和预设睡眠调节知识库,生成所述睡眠可持续性动态调节策略;

根据所述睡眠可持续性动态调节策略,连接并控制睡眠调节外围设备,对用户睡眠过程进行动态调节;

对调节效果进行动态跟踪评估,计算动态调节效果系数并生成动态调节效果曲线。

20. 如权利要求19所述的方法,其特征在于:所述趋势预测分析的方法至少包括AR、MA、ARMA、ARIMA、SARIMA、VAR、深度学习中的任一项。

21. 如权利要求19所述的方法,其特征在于:所述睡眠可持续性动态调节策略至少包括

睡眠场景、睡眠时相、调节方式、执行方式、调节强度、调节时点、持续时间、目标调节值和装置控制参数；其中，所述调节方式至少包括声乐刺激、超声刺激、光刺激、电刺激、磁刺激、温度刺激、湿度刺激、触觉刺激和CO₂浓度调控中的任一方式，所述执行方式至少包括离体式和接触式中的任一方式。

22. 如权利要求19所述的方法，其特征在于：所述睡眠调节外围设备至少包括声乐刺激设备、超声刺激设备、光刺激设备、电刺激设备、磁刺激设备、温度刺激设备、湿度刺激设备、触觉刺激设备和CO₂浓度调控设备中的任一项，并由具体的调节方式决定。

23. 如权利要求20-22任一项所述的方法，其特征在于，所述动态调节效果系数的一种计算方式，具体为：

$$OEI = K_{trd_method} * K_{aft_stage} * \frac{SCI_{aft} - SCI_{pre}}{SCI_{pre}}$$

其中，OEI为所述动态调节效果系数， K_{trd_method} 为趋势预测分析方法修正系数且 $0 < K_{trd_method} \leq 1$ ， K_{aft_stage} 为动态调节后的所述睡眠时相分期修正系数， SCI_{pre} 、 SCI_{aft} 分别为动态调节前、动态调节后的所述睡眠可持续性指数。

24. 如权利要求23所述的方法，其特征在于，所述动态调节效果曲线由按照时序拼接所述动态调节效果系数而生成得到。

25. 如权利要求19所述的方法，其特征在于：还包括建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库的具体步骤：

根据所述睡眠时相曲线和所述睡眠可持续性指数曲线，计算不同睡眠时相下所述睡眠可持续性指数的分布特征，得到时相指数分布特征；

根据所述睡眠时相曲线和所述动态调节效果曲线，计算不同睡眠时相下所述动态调节效果系数的分布特征，得到时相效果分布特征；

计算所述睡眠可持续性指数曲线和所述动态调节效果曲线的相关性，得到动态调节综合效果系数；

动态收集检测调节过程数据和分析结果，初始化建立或持续动态更新所述用户个性睡眠可持续性数据库。

26. 如权利要求25所述的方法，其特征在于：所述分布特征至少包括平均值、均方根、最大值、最小值、方差、标准差、变异系数、峰度和偏度中的任意一项。

27. 如权利要求25或26所述的方法，其特征在于：所述相关性的计算方法至少包括相关性分析、皮尔逊相关分析、杰卡德相似分析、线性互信息分析、线性相关分析、欧氏距离分析、曼哈顿距离分析、切比雪夫距离分析中的任意一项。

28. 如权利要求25所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：根据所述用户个性睡眠可持续性数据库，动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略，生成用户睡眠可持续性检测调节报告，并更新所述睡眠可持续性通用数据库。

29. 如权利要求28所述的方法，其特征在于：所述根据所述用户个性睡眠可持续性数据库，动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略，生成用户睡眠可持续性检测调节报告，并更新所述睡眠可持续性通用数据库的具体步骤还包括：

按照预设检测调节优化周期，根据所述用户个性睡眠可持续性数据库，动态迭代优化所述睡眠可持续性的所述动态检测调节过程方法策略，持续提高检测调节的效率效果；

按照预设报告生成周期,生成所述用户睡眠可持续性检测调节报告;

按照预设通用数据库更新周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库和所述用户睡眠可持续性检测调节报告,将更新所述睡眠可持续性通用数据库的用户关键数据信息。

30. 如权利要求29所述的方法,其特征在于:所述动态检测调节过程方法策略至少包括去高斯噪声处理方法参数、模态分解方法参数、所述特征曲线高频阈值、趋势预测分析方法参数、所述睡眠可持续性动态调节策略和动态调节效果评估方法参数。

31. 如权利要求29所述的方法,其特征在于:所述用户睡眠可持续性检测调节报告至少包括所述用户关键生理信息、所述睡眠状态特征曲线、所述睡眠时相曲线、所述睡眠可持续性指数曲线、所述动态调节控效果曲线、所述时相指数分布特征、所述时相效果分布特征、所述动态调节综合效果系数、睡眠可持续性检测调节总结。

32. 一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节系统,其特征在于,包括以下模块:方案初始化模块,用于获取用户关键生理信息,根据用户关键生理信息筛选并初始化所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

状态采集分析模块,用于根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;

指数模态分析模块,用于对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线;

睡眠动态调节模块,用于对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估;

数据运行管理模块,用于对所述系统的所有数据进行可视化管理、统一存储和运行管理;所述指数模态分析模块还包括以下功能单元:

高斯噪声处理单元,用于对所述睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理,得到目标睡眠状态特征曲线;

信号模态分解单元,用于对所述目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集;

分解信号提取单元,用于对所述睡眠状态特征IMF分解信号集进行频谱分析,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,生成睡眠可持续性特征信号;

睡眠指数计算单元,用于根据所述睡眠时相曲线、所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号,动态计算得到所述睡眠可持续性指数并生成所述睡眠可持续性指数曲线;

所述睡眠可持续性指数的计算方法,具体为:

1) 获取当前时帧对应的睡眠时相分期、目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号;

2) 分别对所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号做平方运算并求和,得到目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值;

3) 根据所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值的相对变化量,得到睡眠可持续性节点特征系数;

4) 根据所述睡眠可持续性节点特征系数、模态分解方法修正系数、用户个性修正系数和睡眠时相分期修正系数,计算得到所述睡眠可持续性指数;其中,所述可持续性节点特征系数、所述睡眠时相分期修正系数均与所述睡眠可持续性指数正相关,所述模态分解方法修正系数和所述用户个性修正系数用于修正所述睡眠可持续性指数;

所述睡眠可持续性节点特征系数的一种计算公式,具体为:

$$scpi = \sqrt{\frac{sqrF_{feas} - sqrF_{imf}}{sqrF_{feas}}}$$

其中,scpi为所述睡眠可持续性节点特征系数,sqrF_{feas}、sqrF_{imf}分别为所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值;

所述睡眠可持续性指数的一种计算公式,具体为:

$$SCI = K_{now_stage} * \frac{K_{user} + K_{imf_method}}{2} * scpi$$

其中,SCI为所述睡眠可持续性指数,scpi、K_{imf_method}、K_{user}、K_{now_stage}分别为所述睡眠可持续性节点特征系数、所述模态分解方法修正系数、所述用户个性修正系数和所述睡眠时相分期修正系数,且 $0 < K_{imf_method}, K_{user} \leq 1, 1 \leq K_{now_stage} \leq 2$ 。

33. 如权利要求32所述的系统,其特征在于,所述方案初始化模块还包括以下功能单元:

基础方案选择单元,用于获取所述用户关键生理信息,并从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选与用户个性化生理匹配的所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

检测调节初始化单元,用于根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,初始化用户睡眠可持续性的检测量化和动态调节的过程方法或过程策略。

34. 如权利要求32所述的系统,其特征在于,所述状态采集分析模块还包括以下功能单元:

状态采集处理单元,用于对用户睡眠生理信号进行动态地监测采集和信号处理,得到睡眠生理状态数据;

状态特征提取单元,用于对所述睡眠生理状态数据进行动态地特征分析和特征选择,生成所述睡眠状态特征曲线;

睡眠时相分析单元,用于对所述睡眠生理状态数据进行动态地睡眠时相分析,生成所述睡眠时相曲线。

35. 如权利要求32-34任一项所述的系统,其特征在于,所述睡眠动态调节模块还包括以下功能单元:

状态趋势预测单元,用于对所述睡眠状态特征曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠状态特征预测值;

指数趋势预测单元,用于对所述睡眠可持续性指数曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠可持续性指数预测值;

动态策略生成单元,用于根据所述睡眠状态特征预测值和所述睡眠可持续性指数预测值,按照睡眠可持续性检测调节周期和预设睡眠调节知识库,生成所述睡眠可持续性动态调节策略;

睡眠动态调节单元,用于根据所述睡眠可持续性动态调节策略,连接并控制睡眠调节外围设备,对用户睡眠过程进行动态调节;

效果动态评估单元,用于对调节效果进行动态跟踪评估,计算动态调节效果系数并生成动态调节效果曲线。

36.如权利要求35所述的系统,其特征在于,还包括:数据统计更新模块,用于建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库;

检测调节优化模块,用于根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库。

37.如权利要求36所述的系统,其特征在于,所述数据统计更新模块还包括以下功能单元:

时相指数分析单元,用于根据所述睡眠时相曲线和所述睡眠可持续性指数曲线,计算不同睡眠时相下所述睡眠可持续性指数的分布特征,得到时相指数分布特征;

时相效果分析单元,用于根据所述睡眠时相曲线和所述动态调节效果曲线,计算不同睡眠时相下所述动态调节效果系数的分布特征,得到时相效果分布特征;

综合评价单元,用于计算所述睡眠可持续性指数曲线和所述动态调节效果曲线的相关性,得到动态调节综合效果系数;

个性数据库更新单元,用于动态收集检测调节过程数据和分析结果,初始化建立或持续动态更新所述用户个性睡眠可持续性数据库。

38.如权利要求36所述的系统,其特征在于,所述检测调节优化模块还包括以下功能单元:

过程动态优化单元,用于按照预设检测调节优化周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化所述睡眠可持续性的所述动态检测调节过程方法策略,持续提高检测调节的效率效果;

用户报告生成单元,用于按照预设报告生成周期,生成所述用户睡眠可持续性检测调节报告;

用户报告管理单元,用于对所述用户睡眠可持续性检测调节报告的格式输出、展现形式进行统一管理;

通用数据库更新单元,用于按照预设通用数据库更新周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库和所述用户睡眠可持续性检测调节报告,将更新所述睡眠可持续性通用数据库的用户关键数据信息。

39.如权利要求35所述的系统,其特征在于,所述数据运行管理模块还包括以下功能单元:

用户信息管理单元,用于用户基本信息的登记输入、编辑、查询、输出和删除;

数据可视化管理单元,用于对所述系统中所有数据的可视化展现管理;

数据存储管理单元,用于对所述系统中所有数据的统一存储管理;

数据运营管理单元,用于对所述系统中所有数据的备份、迁移和导出。

40.一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节装置,其特征在于,包括以下模组:方案初始化模组,用于获取用户关键生理信息,根据用户关键生理信息筛选并初始化所述睡

眠可持续性动态检测调节基本方案；

状态采集分析模组,用于根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线；

指数模态分析模组,用于对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线；

睡眠动态调节模组,用于对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估；

数据可视化模组,用于对所述装置中所有过程数据和结果数据的统一可视化展示管理；数据管理中心模组,用于对所述装置中所有过程数据和结果数据的统一存储和数据运营管理；

所述对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线的具体步骤还包括：

对所述睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理,得到目标睡眠状态特征曲线；

对所述目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集；对所述睡眠状态特征IMF分解信号集进行动态地频谱分析,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,生成所述睡眠可持续性特征信号；

根据所述睡眠时相曲线、所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号,动态计算得到所述睡眠可持续性指数并生成所述睡眠可持续性指数曲线；

所述睡眠可持续性指数的计算方法,具体为：

1) 获取当前时帧对应的睡眠时相分期、目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号；

2) 分别对所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号做平方运算并求和,得到目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值；

3) 根据所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值的相对变化量,得到睡眠可持续性节点特征系数；

4) 根据所述睡眠可持续性节点特征系数、模态分解方法修正系数、用户个性修正系数和睡眠时相分期修正系数,计算得到所述睡眠可持续性指数；其中,所述可持续性节点特征系数、所述睡眠时相分期修正系数均与所述睡眠可持续性指数正相关,所述模态分解方法修正系数和所述用户个性修正系数用于修正所述睡眠可持续性指数；

所述睡眠可持续性节点特征系数的一种计算公式,具体为：

$$scpi = \sqrt{\frac{\text{sqr}F_{\text{feas}} - \text{sqr}F_{\text{imf}}}{\text{sqr}F_{\text{feas}}}}$$

其中,scpi为所述睡眠可持续性节点特征系数,sqr F_{feas} 、sqr F_{imf} 分别为所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值；

所述睡眠可持续性指数的一种计算公式,具体为：

$$SCI = K_{now_stage} * \frac{K_{user} + K_{imf_method}}{2} * scpi$$

其中,SCI为所述睡眠可持续性指数,scpi、 K_{imf_method} 、 K_{user} 、 K_{now_stage} 分别为所述睡眠可持续性节点特征系数、所述模态分解方法修正系数、所述用户个性修正系数和所述睡眠时相分期修正系数,且 $0 < K_{imf_method}$ 、 $K_{user} \leq 1$, $1 \leq K_{now_stage} \leq 2$ 。

41. 如权利要求40所述的装置,其特征在于,还包括:数据统计更新模组,用于建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库;

检测调节优化模组,用于根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库。

基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法、系统和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及睡眠可持续性检测量化及辅助调节领域,特别涉及基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法、系统和装置。

背景技术

[0002] 睡眠是人类最重要的生命生理过程之一,稳定且连续性好的睡眠是人们获得精力体力、身心健康的重要保障。现实生活中,由于衰老、睡眠环境、生理疾病及创伤、精神压力等众多因素,整夜睡眠过程中出现多次觉醒、长时间觉醒和睡眠状态急剧震荡等一系列睡眠连续性或可持续性差的事件,极大地影响了人们的睡眠质量和身心体验。长期的低质量的睡眠连续性或可持续性,对人们的身心健康、学习、工作和生活带来重大不良影响。

[0003] 申请人提出的在先解决方案中国申请CN2023101940795提供了一种睡眠可持续性检测量化及辅助干预的方法、系统和装置,包括以下步骤:对用户睡眠过程的生理状态信号和环境状态信号进行采集监测、信号处理和特征分析,生成生理状态特征和环境状态特征;对所述生理状态特征进行睡眠状态分析、时序成分分析和可持续性量化分析,提取睡眠可持续性指数,生成睡眠可持续性量化日报;重复上述步骤,对用户睡眠过程进行连续监测和跟踪分析,评估睡眠环境对睡眠可持续性的影响,提取最佳睡眠可持续性环境方案并对睡眠环境进行动态优化调整,生成睡眠可持续性量化报告。该技术方案基于睡眠持续期状态特征曲线的时间序列分解,提取了睡眠可持续性指数,实现提出了睡眠可持续性指数作为睡眠连续性或可持续性量化的创新评价指标。但面对睡眠可持续的高效提取、动态检测和动态调节等场景需求,还存在可以进一步的提升空间,主要包括:首先,时间序列分解方法在多场景可持续特征提取中存在适应性局限而带来准确性的不稳定;其次,睡眠持续期状态特征曲线是基于阶梯式睡眠时相分期值平滑得到的,不能够对用户睡眠状态进行细致刻画和精确量化,也进一步限制了睡眠可持续性评价的准确性和灵敏度;最后,除了睡眠环境调节干预外,如何实现用户更快速高效的、长期稳定的且具备高个性化的睡眠可持续性指数检测量化和动态调节,并能够动态持续地提升检测准确性和调节高效性。

[0004] 如何提取更细致的用户睡眠状态连续变化特征,更准确地量化评估睡眠可持续性;如何实现睡眠可持续性检测量化和动态调节的高效协同,并能够实现检测调节的过程动态优化,持续提高检测量化效率和干预调节效果,是目前国内外产品技术方案和实际应用场景中需要进一步优化或解决的问题。

发明内容

[0005] 针对现有方法的以上缺陷及改进需求,本发明的目的在于提供一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法,通过对用户睡眠生理信号的采集处理和特征分析得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线,进一步通过模态分解从睡眠状态特征曲线中提取高频模态分解信号,计算得到睡眠可持续性指数;通过对用户睡眠可持续状态的趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略并完成动态调节及效果评估;对检测调节过程进行统计分析,

建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库,最终实现提高检测量化效率和干预调节效果,辅助用户获得更高的睡眠质量和睡眠连续性。本发明还提供了基于模态分解的睡眠可持续性检测调节系统,用于实现上述方法。本发明还提供了基于模态分解的睡眠可持续性检测调节装置,用于实现上述系统。

[0006] 根据本发明的目的,本发明提出了一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法,包括以下步骤:

[0007] 获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0008] 根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;

[0009] 对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线;

[0010] 对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估;

[0011] 建立或更新所述用户个性睡眠可持续性数据库;

[0012] 根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库。

[0013] 更优地,所述获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化睡眠可持续性动态检测调节基本方案的具体步骤还包括:

[0014] 获取所述用户关键生理信息,并从所述睡眠可持续性通用数据库或所述用户个性睡眠可持续性数据库中筛选与用户个性化生理匹配的所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0015] 根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,初始化用户睡眠可持续性的检测量化和动态调节的过程方法或过程策略。

[0016] 更优地,所述用户关键生理信息至少包括性别、年龄、生理健康状态和心理精神状态。

[0017] 更优地,所述睡眠可持续性通用数据库具体为由规模的不同健康状态人群的睡眠可持续性的检测量化及动态调节数据库,至少包括所述用户关键生理信息、睡眠可持续性检测调节周期、睡眠可持续性检测量化过程方法参数、睡眠可持续性动态调节过程方法参数或策略、睡眠可持续性指数曲线、睡眠可持续性调节效果曲线和睡眠时相曲线。

[0018] 更优地,所述用户个性睡眠可持续性数据库至少包括所述用户关键生理信息、睡眠状态特征曲线、睡眠时相曲线、睡眠可持续性指数曲线、动态调节效果曲线、时相指数分布特征、时相效果分布特征、动态调节综合效果系数、模态分解方法、趋势预测分析方法、睡眠可持续性动态调节策略、所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案。

[0019] 更优地,所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案至少包括睡眠可持续性检测量

化过程方案、睡眠可持续性动态调节过程方案；若用户为新用户，所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案从所述睡眠可持续性通用数据库中获取，反之则从所述用户个性睡眠可持续性数据库中获取。

[0020] 更优地，所述根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案，对用户睡眠生理信号进行采集和处理，得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线的具体步骤还包括：

[0021] 对用户睡眠生理信号进行动态地监测采集和信号处理，得到睡眠生理状态数据；

[0022] 对所述睡眠生理状态数据进行动态地特征分析和特征选择，生成所述睡眠状态特征曲线；

[0023] 对所述睡眠生理状态数据进行动态地睡眠时相分析，生成所述睡眠时相曲线。

[0024] 更优地，所述睡眠生理信号至少包括脑电信号、心电信号、呼吸信号中的任一项。

[0025] 更优地，所述信号处理至少包括重采样、重参考、去伪迹、信号矫正、降噪、工频陷波、带通滤波、平滑处理和时帧分割；其中，所述时帧分割是指根据信号的采样率，以预设分帧步长对信号数据进行预设分帧时长窗口的连续滑动分割。

[0026] 更优地，所述特征分析至少包括数值分析、包络分析、时频分析、熵分析、分形分析和复杂度分析中的任一项。

[0027] 更优地，所述睡眠状态特征曲线具体由不同睡眠生理状态数据经所述特征分析得到不同睡眠生理状态特征进行线性组合融合而得到，用于描述用户在不同睡眠时期、不同睡眠时相、不同睡眠状态下的生理状态特征的连续变化曲线；其中，所述睡眠时期至少包括入睡前、睡眠中和睡眠后，所述睡眠时相至少包括清醒觉醒期、浅睡眠期、深睡眠期和快速眼动睡眠期。

[0028] 更优地，所述睡眠时相曲线的生成方法具体为：

[0029] 1) 通过机器学习算法对规模睡眠用户样本的所述睡眠生理状态数据及其对应睡眠时相分期数据进行学习训练和数据建模，得到睡眠时相识别模型；

[0030] 2) 将当前用户的所述睡眠生理状态数据输入所述睡眠时相识别模型，得到所对应的睡眠时相分期并按时序生成所述睡眠时相曲线。

[0031] 更优地，所述对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解，根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号，得到睡眠可持续性特征信号，计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线的具体步骤还包括：

[0032] 对所述睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理，得到目标睡眠状态特征曲线；

[0033] 对所述目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解，得到睡眠状态特征IMF分解信号集；

[0034] 对所述睡眠状态特征IMF分解信号集进行动态地频谱分析，根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号，生成所述睡眠可持续性特征信号；

[0035] 根据所述睡眠时相曲线、所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号，动态计算得到所述睡眠可持续性指数并生成所述睡眠可持续性指数曲线。

[0036] 更优地，所述去噪声处理至少包括高斯滤波、均值滤波、傅里叶变换滤波、小波变换滤波和小波包变换滤波中的任一种方法，用于消除由于信号来自体表生理采集和分帧式的信号特征分析对睡眠状态刻画的不连续性，而在所述睡眠状态特征曲线中引入的高斯噪声或白噪声干扰。

[0037] 更优地,所述模态分解至少包括经验模态分解、变分模态分解中的任一项。

[0038] 更优地,所述经验模态分解的方法至少包括EMD、EEMD、CEEMD、CEEMDAN、ICEEMDAN、ESMD中的任意一项。

[0039] 更优地,所述变分模态分解的方法至少包括VMD、改进型VMD中的任意一项。

[0040] 更优地,所述特征曲线高频阈值由所述睡眠状态特征曲线的睡眠生理状态特征线性组合融合的数据来源决定。

[0041] 更优地,所述睡眠可持续性指数的计算方法,具体为:

[0042] 1) 获取当前时帧对应的睡眠时相分期、所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号;

[0043] 2) 分别对所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号做平方运算并求和,得到目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值;

[0044] 3) 根据所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值的相对变化量,计算得到睡眠可持续性节点特征系数;

[0045] 4) 根据所述睡眠可持续性节点特征系数、模态分解方法修正系数、用户个性修正系数和睡眠时相分期修正系数的均值和乘积,计算得到所述睡眠可持续性指数。

[0046] 更优地,所述睡眠可持续性节点特征系数的一种计算公式,具体为:

$$[0047] \quad scpi = \sqrt{\frac{\text{sqr}F_{\text{feas}} - \text{sqr}F_{\text{imf}}}{\text{sqr}F_{\text{feas}}}};$$

[0048] 其中, $scpi$ 为所述睡眠可持续性节点特征系数, $\text{sqr}F_{\text{feas}}$ 、 $\text{sqr}F_{\text{imf}}$ 分别为所述目标睡眠状态平方特征值和所述睡眠可持续性IMF平方特征值。

[0049] 更优地,所述睡眠可持续性指数的一种计算公式,具体为:

$$[0050] \quad SCI = K_{\text{now_stage}} * \frac{K_{\text{user}} + K_{\text{imf_method}}}{2} * scpi;$$

[0051] 其中, SCI 为所述睡眠可持续性指数, $scpi$ 、 $K_{\text{imf_method}}$ 、 K_{user} 、 $K_{\text{now_stage}}$ 分别为所述睡眠可持续性节点特征系数、所述模态分解方法修正系数、所述用户个性修正系数和所述睡眠时相分期修正系数,且 $0 < K_{\text{imf_method}}$ 、 $K_{\text{user}} \leq 1$, $1 \leq K_{\text{now_stage}} \leq 2$ 。

[0052] 更优地,所述睡眠可持续性指数曲线由按照时序拼接所述睡眠可持续性指数而生成得到。

[0053] 更优地,所述对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估的具体步骤还包括:

[0054] 对所述睡眠状态特征曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠状态特征预测值;

[0055] 对所述睡眠可持续性指数曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠可持续性指数预测值;

[0056] 根据所述睡眠状态特征预测值和所述睡眠可持续性指数预测值,按照睡眠可持续性检测调节周期和预设睡眠调节知识库,生成所述睡眠可持续性动态调节策略;

[0057] 根据所述睡眠可持续性动态调节策略,连接并控制睡眠调节外围设备,对用户睡眠过程进行动态调节;

[0058] 对调节效果进行动态跟踪评估,计算动态调节效果系数并生成动态调节效果曲线。

[0059] 更优地,所述趋势预测分析的方法至少包括AR、MA、ARMA、ARIMA、SARIMA、VAR、深度学习中的任一项。

[0060] 更优地,所述睡眠可持续性动态调节策略至少包括睡眠场景、睡眠时相、调节方式、执行方式、调节方法、调节强度、调节时点、持续时间、目标调节值和装置控制参数;其中,所述调节方式至少包括声乐刺激、超声刺激、光刺激、电刺激、磁刺激、温度刺激、湿度刺激、触觉刺激和 CO_2 浓度调控中的任一方式,所述执行方式至少包括离体式和接触式中的任一方式。

[0061] 更优地,所述睡眠调节外围设备至少包括声乐刺激设备、超声刺激设备、光刺激设备、电刺激设备、磁刺激设备、温度刺激设备、湿度刺激设备、触觉刺激设备和 CO_2 浓度调控设备中的任一项,并由具体的所述调节方式决定。

[0062] 更优地,所述动态调节效果系数的一种计算方式,具体为:

$$[0063] \quad OEI = K_{trd_method} * K_{aft_stage} * \frac{SCI_{aft} - SCI_{pre}}{SCI_{pre}};$$

[0064] 其中, OEI 为所述动态调节效果系数, K_{trd_method} 为趋势预测分析方法修正系数且 $0 < K_{trd_method} \leq 1$, K_{aft_stage} 为动态调节后的所述睡眠时相分期修正系数, SCI_{pre} 、 SCI_{aft} 分别为动态调节前、动态调节后的所述睡眠可持续性指数。

[0065] 更优地,所述动态调节效果曲线由按照时序拼接所述动态调节效果系数而生成得到。

[0066] 更优地,所述建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库的具体步骤还包括:

[0067] 根据所述睡眠时相曲线和所述睡眠可持续性指数曲线,计算不同睡眠时相下所述睡眠可持续性指数的分布特征,得到时相指数分布特征;

[0068] 根据所述睡眠时相曲线和所述动态调节效果曲线,计算不同睡眠时相下所述动态调节效果系数的分布特征,得到时相效果分布特征;

[0069] 计算所述睡眠可持续性指数曲线和所述动态调节效果曲线的相关性,得到动态调节综合效果系数;

[0070] 动态收集检测调节过程数据和分析结果,初始化建立或持续动态更新所述用户个性睡眠可持续性数据库。

[0071] 更优地,所述分布特征至少包括平均值、均方根、最大值、最小值、方差、标准差、变异系数、峰度和偏度中的任意一项。

[0072] 更优地,所述相关性的计算方法至少包括相干性分析、皮尔逊相关分析、杰卡德相似分析、线性互信息分析、线性相关分析、欧氏距离分析、曼哈顿距离分析、切比雪夫距离分析中的任意一项。

[0073] 更优地,所述根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库的具体步骤还包括:

[0074] 按照预设检测调节优化周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代

优化所述睡眠可持续性的所述动态检测调节过程方法策略,持续提高检测调节的效率效果;

[0075] 按照预设报告生成周期,生成所述用户睡眠可持续性检测调节报告;

[0076] 按照预设通用数据库更新周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库和所述用户睡眠可持续性检测调节报告,将更新所述睡眠可持续性通用数据库的用户关键数据信息。

[0077] 更优地,所述动态检测调节过程方法策略至少包括去高斯噪声处理方法参数、模态分解方法参数、所述特征曲线高频阈值、趋势预测分析方法参数、所述睡眠可持续性动态调节策略和动态调节效果评估方法参数。

[0078] 更优地,所述用户睡眠可持续性检测调节报告至少包括所述用户关键生理信息、所述睡眠状态特征曲线、所述睡眠时相曲线、所述睡眠可持续性指数曲线、所述动态调节效果曲线、所述时相指数分布特征、所述时相效果分布特征、所述动态调节综合效果系数、睡眠可持续性检测调节总结。

[0079] 根据本发明的目的,本发明提出了一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节系统,包括以下模块:

[0080] 方案初始化模块,用于获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0081] 状态采集分析模块,用于根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;

[0082] 指数模态分析模块,用于对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线;

[0083] 睡眠动态调节模块,用于对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估;

[0084] 数据统计更新模块,用于建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库;

[0085] 检测调节优化模块,用于根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库;

[0086] 数据运行管理模块,用于对所述系统的所有数据进行可视化管理、统一存储和运行管理。

[0087] 更优地,所述方案初始化模块还包括以下功能单元:

[0088] 基础方案选择单元,用于获取所述用户关键生理信息,并从所述睡眠可持续性通用数据库或所述用户个性睡眠可持续性数据库中筛选与用户个性化生理匹配的所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0089] 检测调节初始化单元,用于根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,初始化用户睡眠可持续性的检测量化和动态调节的过程方法或过程策略。

[0090] 更优地,所述状态采集分析模块还包括以下功能单元:

[0091] 状态采集处理单元,用于对用户睡眠生理信号进行动态地监测采集和信号处理,

得到睡眠生理状态数据；

[0092] 状态特征提取单元,用于对所述睡眠生理状态数据进行动态地特征分析和特征选择,生成所述睡眠状态特征曲线；

[0093] 睡眠时相分析单元,用于对所述睡眠生理状态数据进行动态地睡眠时相分析,生成所述睡眠时相曲线。

[0094] 更优地,所述指数模态分析模块还包括以下功能单元：

[0095] 高斯噪声处理单元,用于对所述睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理,得到目标睡眠状态特征曲线；

[0096] 信号模态分解单元,用于对所述目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集；

[0097] 分解信号提取单元,用于对所述睡眠状态特征IMF分解信号集进行频谱分析,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,生成睡眠可持续性特征信号；

[0098] 睡眠指数计算单元,用于根据所述睡眠时相曲线、所述目标睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性特征信号,动态计算得到所述睡眠可持续性指数并生成所述睡眠可持续性指数曲线。

[0099] 更优地,所述睡眠动态调节模块还包括以下功能单元：

[0100] 状态趋势预测单元,用于对所述睡眠状态特征曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠状态特征预测值；

[0101] 指数趋势预测单元,用于对所述睡眠可持续性指数曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠可持续性指数预测值；

[0102] 动态策略生成单元,用于根据所述睡眠状态特征预测值和所述睡眠可持续性指数预测值,按照睡眠可持续性检测调节周期和预设睡眠调节知识库,生成所述睡眠可持续性动态调节策略；

[0103] 睡眠动态调节单元,用于根据所述睡眠可持续性动态调节策略,连接并控制睡眠调节外围设备,对用户睡眠过程进行动态调节；

[0104] 效果动态评估单元,用于对调节效果进行动态跟踪评估,计算动态调节效果系数并生成动态调节效果曲线。

[0105] 更优地,所述数据统计更新模块还包括以下功能单元：

[0106] 时相指数分析单元,用于根据所述睡眠时相曲线和所述睡眠可持续性指数曲线,计算不同睡眠时相下所述睡眠可持续性指数的分布特征,得到时相指数分布特征；

[0107] 时相效果分析单元,用于根据所述睡眠时相曲线和所述动态调节效果曲线,计算不同睡眠时相下所述动态调节效果系数的分布特征,得到时相效果分布特征；

[0108] 综合效果评价单元,用于计算所述睡眠可持续性指数曲线和所述动态调节效果曲线的相关性,得到动态调节综合效果系数；

[0109] 个性数据库更新单元,用于动态收集检测调节过程数据和分析结果,初始化建立或持续动态更新所述用户个性睡眠可持续性数据库。

[0110] 更优地,所述检测调节优化模块还包括以下功能单元：

[0111] 过程动态优化单元,用于按照预设检测调节优化周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化所述睡眠可持续性的所述动态检测调节过程方法策略,持续

提高检测调节的效率效果；

[0112] 用户报告生成单元,用于按照预设报告生成周期,生成所述用户睡眠可持续性检测调节报告；

[0113] 用户报告管理单元,用于对所述用户睡眠可持续性检测调节报告的格式输出、展现形式进行统一管理；

[0114] 通用数据库更新单元,用于按照预设通用数据库更新周期,根据所述用户个性睡眠可持续性数据库和所述用户睡眠可持续性检测调节报告,将更新所述睡眠可持续性通用数据库的用户关键数据信息。

[0115] 更优地,所述数据运行管理模块还包括以下功能单元：

[0116] 用户信息管理单元,用于用户基本信息的登记输入、编辑、查询、输出和删除；

[0117] 数据可视化管理单元,用于对所述系统中所有数据的可视化展现管理；

[0118] 数据存储管理单元,用于对所述系统中所有数据的统一存储管理；

[0119] 数据运营管理单元,用于对所述系统中所有数据的备份、迁移和导出。

[0120] 根据本发明的目的,本发明提出了一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节装置,包括以下模组：

[0121] 方案初始化模组,用于获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案；

[0122] 状态采集分析模组,用于根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线；

[0123] 指数模态分析模组,用于对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线；

[0124] 睡眠动态调节模组,用于对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估；

[0125] 数据统计更新模组,用于建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库；

[0126] 检测调节优化模组,用于根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库；

[0127] 数据可视化模组,用于对所述装置中所有过程数据和结果数据的统一可视化展示管理；

[0128] 数据管理中心模组,用于对所述装置中所有过程数据和结果数据的统一存储和数据运营管理。

[0129] 本发明在申请人的在先研究基础上进一步优化睡眠可持续性指数的具体量化设计和计算方式,进一步优化睡眠状态特征曲线的提取方式,进一步将去噪声处理、经验模态分解和变分模态分解方法应用于睡眠可持续性特征的提取,使得对用户睡眠可持续性的检测量化更加全面细致、适应面广、准确度高和灵敏度高；还进一步提供了动态调节效果系数的计算方案,进一步提供了用户个性睡眠可持续性数据库和睡眠可持续性通用数据库的建立、更新和应用机制,进一步提供了检测量化到动态调节的反向反馈应用框架,使得对于检

测量化和动态调节过程的协同控制有了有力依据,实现检测调节的过程动态优化,持续提高检测量化效率和干预调节效果。本发明能够提供更加科学高效的睡眠可持续性检测量化及动态调节的实施方法和落地方案,能够赋能相关睡眠量化或调节的产品及服务,满足不同用户场景需求,辅助用户睡眠。

[0130] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0131] 附图用来提供对本发明技术方案的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本申请的实施例一起用于解释本发明的技术方案,并不构成对本发明技术方案的限制。

[0132] 图1是本发明一实施例所提供的一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法的流程步骤示意图;

[0133] 图2是本发明一实施例所提供的一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节系统的模块组成示意图;

[0134] 图3是本发明一实施例所提供的一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节装置的模组构成示意图。

具体实施方式

[0135] 为了更清楚地说明本发明的目的和技术方案,下面将结合本发明申请实施例中的附图,对本发明进行进一步介绍说明。显而易见地,下面描述的实施例仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。在没有创造性劳动前提下,本领域普通技术人员基于本发明的实施例所得到的其他实施例,都应属于本发明的保护范围。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0136] 申请人发现,人类睡眠是个非平稳时序过程,而睡眠过程中多次觉醒睡眠状态突变震荡是非平稳的重要因素或诱因,如何跟踪多变状态、意外状态和突变状态是睡眠可持续性或连续性检测调节的一个基本挑战。同时由于头皮脑电EEG、心电ECG等体表生理采集技术的原理限制及对应的传统信号特征分析提取过程,睡眠状态量化上存在非常多的计算误差和引入噪声,尤其是面对睡眠可持续性的评价上。本技术方案通过敏感特征的选择、去噪声处理和模态分解等方法,能够提取细致和精确的睡眠状态特征曲线,完成睡眠可持续性的高鲁棒性的量化设计;进而完成睡眠可持续性的动态调节和效果评估,进一步实现检测调节的反向动态优化,使得整体检测调节方案具备更好的场景适应性和技术应用效果。

[0137] 结合图1所示,本发明实施例提供的一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节方法,包括以下步骤:

[0138] P100:获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案。

[0139] 第一步、获取用户关键生理信息,并从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选与用户个性化生理匹配的睡眠可持续性动态检测调节基本方案。

[0140] 本实施例中,用户关键生理信息至少包括性别、年龄、生理健康状态和心理精神状

态。

[0141] 本实施例中,睡眠可持续性通用数据库具体为由规模的不同健康状态人群的睡眠可持续性的检测量化及动态调节数据库,至少包括用户关键生理信息、睡眠可持续性检测调节周期、睡眠可持续性检测量化过程方法参数、睡眠可持续性动态调节过程方法参数或策略、睡眠可持续性指数曲线、睡眠可持续性调节效果曲线和睡眠时相曲线。

[0142] 本实施例中,用户个性睡眠可持续性数据库至少包括用户关键生理信息、睡眠状态特征曲线、睡眠时相曲线、睡眠可持续性指数曲线、动态调节效果曲线、时相指数分布特征、时相效果分布特征、动态调节综合效果系数、模态分解方法、趋势预测分析方法、睡眠可持续性动态调节策略、睡眠可持续性动态检测调节基本方案。

[0143] 本实施例中,睡眠可持续性动态检测调节基本方案至少包括睡眠可持续性检测量化过程方案、睡眠可持续性动态调节过程方案;若用户为新用户,睡眠可持续性动态检测调节基本方案从睡眠可持续性通用数据库中获取,反之则从用户个性睡眠可持续性数据库中获取。

[0144] 在实际应用场景中,首先确定当前用户是新用户还是老用户,来选择睡眠可持续性动态检测调节基本方案的获取来源;当前用户的当前状态,包括生理健康状态和心理精神状态,是睡眠可持续性动态检测调节基本方案选择的重要考量。

[0145] 第二步、根据睡眠可持续性动态检测调节基本方案,初始化用户睡眠可持续性的检测量化和动态调节的过程方法或过程策略。

[0146] 根据睡眠可持续性动态检测调节基本方案,来初始化检测量化和动态调节的初始使用方法、方法参数、初始调节策略、检测调节周期等等。

[0147] P200:根据所述睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线。

[0148] 第一步、对用户睡眠生理信号进行动态地监测采集和信号处理,得到睡眠生理状态数据。

[0149] 本实施例中,睡眠生理信号至少包括脑电信号、心电信号、呼吸信号中的任一项。信号处理至少包括重采样、重参考、去伪迹、信号矫正、降噪、工频陷波、带通滤波、平滑处理和时帧分割;其中,时帧分割是指根据信号的采样率,以预设分帧步长对信号数据进行预设分帧时长窗口的连续滑动分割。

[0150] 本实施例中,以脑电信号和心电信号作为用户睡眠生理信号,来陈述本技术方案的具体实施过程。通过脑电图机对用户睡眠脑电进行动态地采集监测,采样率为1024Hz,记录电极为F3、F4、C3、C4、T3和T4,参考电极M1、M2;对脑电信号进行动态地统一信号处理,包括以M1和M2进行左右交叉重参考、去伪迹、信号矫正、小波降噪、50Hz倍频工频陷波、1.0-80Hz带通滤波,得到纯净脑电信号。通过便携式单导心电仪对用户心电信号进行采集监测,采集位置在左胸上方,采样率1024Hz;对心电信号进行动态地统一信号处理,包括去伪迹、信号处理、小波降噪、0.5-40Hz带通滤波,得到纯净心电信号。以预设时间窗口长度20s和预设时间平移步长10s对纯净脑电信号和纯净心电信号进行连续滑动分割,得到睡眠生理状态数据。

[0151] 本实施例中,预设时间窗口长度20s也是睡眠可持续性检测调节周期。

[0152] 第二步、对睡眠生理状态数据进行动态地特征分析和特征选择,生成睡眠状态特

征曲线。

[0153] 本实施例中,特征分析至少包括数值分析、包络分析、时频分析、熵分析、分形分析和复杂度分析中的任一项。睡眠状态特征曲线具体由不同睡眠生理状态数据经特征分析得到不同睡眠生理状态特征进行线性组合融合而得到,用于描述用户在不同睡眠时期、不同睡眠时相、不同睡眠状态下的生理状态特征的连续变化曲线;其中,睡眠时期至少包括入睡前、睡眠中和睡眠后,睡眠时相至少包括清醒觉醒期、浅睡眠期、深睡眠期和快速眼动睡眠期。

[0154] 本实施例中,以对睡眠可持续性敏感度较高的指标特征来生成睡眠状态特征曲线。首先,逐帧对睡眠生理状态数据进行特征提取:脑电数据进行时频分析(频带功率占比)、熵分析(SVD熵)和复杂度分析(LZC指数);心电数据进行数值分析,提取用户心率变化特征(心率均值、心率变异系数)。其次,通过特征选择,将F4-M1通道的 δ 节律(1-4Hz)频带功率占比、取负后再归一化的SVD熵、取负后再归一化的LZC指数,以及取负后再归一化的心率均值进行直接加和,得到睡眠状态特征曲线。

[0155] 第三步、对睡眠生理状态数据进行动态地睡眠时相分析,生成睡眠时相曲线。

[0156] 本实施例中,睡眠时相曲线的生成方法具体为:

[0157] 1) 通过机器学习算法对规模睡眠用户样本的睡眠生理状态数据及其对应睡眠时相分期数据进行学习训练和数据建模,得到睡眠时相识别模型;

[0158] 2) 将当前用户的睡眠生理状态数据输入睡眠时相识别模型,得到所对应的睡眠时相分期并按时序生成睡眠时相曲线。

[0159] P300:对所述睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线。

[0160] 第一步、对睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理,得到目标睡眠状态特征曲线。

[0161] 本实施例中,去噪声处理至少包括高斯滤波、均值滤波、傅里叶变换滤波、小波变换滤波和小波包变换滤波中的任一种方法,用于消除由于信号来自体表生理采集和分帧式的信号特征分析对睡眠状态刻画的不连续性,而在所述睡眠状态特征曲线中引入的高斯噪声或白噪声干扰。

[0162] 本实施例中,选择高斯滤波来完成去噪声处理。

[0163] 第二步、对目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集。

[0164] 本实施例中,模态分解至少包括经验模态分解、变分模态分解中的任一项。经验模态分解的方法至少包括EMD、EEMD、CEEMD、CEEMDAN、ICEEMDAN、ESMD中的任意一项;其中,ESMD具体为极点对称模态分解方法,其借鉴了EMD思想,将外部包络线插值改为内部极点对称插值,借用“最小二乘”思想来优化最后剩余模态使其成为整个数据的“自适应全局均线”,以确定最佳筛选次数。变分模态分解的方法至少包括VMD、改进型VMD中的任意一项;其中,改进型VMD具体是为适应不同场景的信号分析和信号分解需求进行信号处理算法与VMD的有机组合。

[0165] 本实施例中,选择标准变分模态分解(VMD)对目标睡眠状态特征曲线进行变分模

态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集。相比于EMD经验模态分解,VMD变分模态分解具有较好抗噪能力,克服经验模态分解的端点效应、模态分量/频率混叠等问题,能够降低复杂度高和非线性强的时间序列非平稳性,将时间序列数据分解为一系列具有有限带宽的本征模态函数(IMF),可自适应更新各IMF的最优中心频率和带宽,适用于非平稳性的序列。其主要步骤如下:

[0166] 1) 将原始信号进行多次低通滤波,得到多个频带信号。

[0167] 2) 对每个频带信号进行变分推断,得到该频带信号的局部振动模式。

[0168] 3) 将所有频带信号对应的局部振动模式相加,得到原始信号的 VMD 分解。

[0169] 本实施例中,通过VMD提取10个IMF分解信号,生成睡眠状态特征IMF分解信号集。

[0170] 第三步、对睡眠状态特征IMF分解信号集进行动态地频谱分析,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,生成睡眠可持续性特征信号。

[0171] 本实施例中,特征曲线高频阈值由睡眠状态特征曲线的睡眠生理状态特征线性组合融合的数据来源决定。

[0172] 本实施例中,以 δ 节律频带功率占比、取负后再归一化的SVD熵、取负后再归一化的LZC指数,以及取负后再归一化的心率均值来组合生成睡眠状态特征曲线,且分帧处理的参数为预设时间窗口长度20s和预设时间平移步长10s,所以0.013Hz高通截止频率作为特征曲线高频阈值。最后,通过Welch功率谱密度估计对睡眠状态特征IMF分解信号集进行频谱分析,筛选中心频率大于0.013Hz的IMF分解信号,加和生成睡眠可持续性特征信号。

[0173] 第四步、根据睡眠时相曲线、目标睡眠状态特征曲线和睡眠可持续性特征信号,动态计算得到睡眠可持续性指数并生成睡眠可持续性指数曲线。

[0174] 本实施例中,睡眠可持续性指数的计算方法,具体为:

[0175] 1) 获取当前时帧对应的睡眠时相分期、目标睡眠状态特征曲线和睡眠可持续性特征信号;

[0176] 2) 分别对目标睡眠状态特征曲线和睡眠可持续性特征信号做平方运算并求和,得到目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值;

[0177] 3) 根据目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值的相对变化量,计算得到睡眠可持续性节点特征系数;

[0178] 4) 根据睡眠可持续性节点特征系数、模态分解方法修正系数、用户个性修正系数和睡眠时相分期修正系数的均值和乘积,计算得到睡眠可持续性指数。

[0179] 本实施例中,睡眠可持续性节点特征系数的一种计算公式,具体为:

$$[0180] \quad \text{scpi} = \sqrt{\frac{\text{sqr}F_{\text{feas}} - \text{sqr}F_{\text{imf}}}{\text{sqr}F_{\text{feas}}}}$$

[0181] 其中,scpi为睡眠可持续性节点特征系数, $\text{sqr}F_{\text{feas}}$ 、 $\text{sqr}F_{\text{imf}}$ 分别为目标睡眠状态平方特征值和睡眠可持续性IMF平方特征值。

[0182] 本实施例中,睡眠可持续性指数的一种计算公式,具体为:

$$[0183] \quad \text{SCI} = K_{\text{now_stage}} * \frac{K_{\text{user}} + K_{\text{imf_method}}}{2} * \text{scpi};$$

[0184] 其中,SCI为睡眠可持续性指数,scpi、 $K_{\text{imf_method}}$ 、 K_{user} 、 $K_{\text{now_stage}}$ 分别为睡

眠可持续性节点特征系数、模态分解方法修正系数、用户个性修正系数和睡眠时相分期修正系数,且 $0 < K_{imf_method}$ 、 $K_{user} \leq 1$, $1 \leq K_{now_stage} \leq 2$ 。

[0185] 本实施例中,睡眠可持续性指数曲线由按照时序拼接睡眠可持续性指数而生成得到。

[0186] 在实际应用场景中,通常清醒觉醒期、浅睡眠期、深睡眠期和快速眼动睡眠期的 K_{now_stage} 修正系数,依次为 1.0、1.6、2.0、1.4;用户个性修正系数 K_{user} 主要跟用户年龄和性别相关,通常女性比男性要小,年龄越大系数越小;模态分解方法修正系数 K_{imf_method} 则可以根据睡眠状态特征曲线的生成方式、去噪声处理的方法参数等实际情况设置不同方法的系数。更重要的是,在后续的动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略中可以进行动态优化调整。

[0187] P400:对所述睡眠状态特征曲线和所述睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估。

[0188] 第一步、对睡眠状态特征曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠状态特征预测值。

[0189] 本实施例中,趋势预测分析的方法至少包括AR、MA、ARMA、ARIMA、SARIMA、VAR、深度学习中的任一项。

[0190] 本实施例中,用AR方法来完成对睡眠状态特征曲线的预测。

[0191] 第二步、对睡眠可持续性指数曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠可持续性指数预测值。

[0192] 本实施例中,用AR方法来完成对睡眠可持续性指数曲线的预测。

[0193] 第三步、根据睡眠状态特征预测值和睡眠可持续性指数预测值,按照睡眠可持续性检测调节周期和预设睡眠调节知识库,生成睡眠可持续性动态调节策略。

[0194] 本实施例中,睡眠可持续性动态调节策略至少包括睡眠场景、睡眠时相、调节方式、执行方式、调节方法、调节强度、调节时点、持续时间、目标调节值和装置控制参数;其中,调节方式至少包括声乐刺激、超声刺激、光刺激、电刺激、磁刺激、温度刺激、湿度刺激、触觉刺激和 CO_2 浓度调控中的任一方式,执行方式至少包括离体式和接触式中的任一方式。

[0195] 在实际应用场景中,需要根据用户具体情况来制定不同睡眠可持续性动态调节策略。如选择离体式的声乐刺激、光刺激、温度刺激、湿度刺激、 CO_2 浓度调控等方式,能够减少对用户睡眠过程的干扰;但通常情况下,接触式的超声刺激、电刺激、磁刺激、触觉刺激等方式的调节效率更高、效果也更好。

[0196] 第四步、根据睡眠可持续性动态调节策略,连接并控制睡眠调节外围设备,对用户睡眠过程进行动态调节。

[0197] 本实施例中,睡眠调节外围设备至少包括声乐刺激设备、超声刺激设备、光刺激设备、电刺激设备、磁刺激设备、温度刺激设备、湿度刺激设备、触觉刺激设备和 CO_2 浓度调控设备中的任一项,并由具体的调节方式决定。

[0198] 第五步、对调节效果进行动态跟踪评估,计算动态调节效果系数并生成动态调节效果曲线。

[0199] 本实施例中,动态调节效果系数的一种计算方式,具体为:

$$[0200] \quad OEI = K_{trd_method} * K_{aft_stage} * \frac{SCI_{aft} - SCI_{pre}}{SCI_{pre}};$$

[0201] 其中, OEI 为动态调节效果系数, K_{trd_method} 为趋势预测分析方法修正系数且 $0 < K_{trd_method} \leq 1$, K_{aft_stage} 为动态调节后的睡眠时相分期修正系数, SCI_{pre} 、 SCI_{aft} 分别为动态调节前、动态调节后的睡眠可持续性指数。

[0202] 本实施例中, 动态调节效果曲线由按照时序拼接动态调节效果系数而生成得到。

[0203] 在实际应用场景中, 通常趋势预测分析方法 AR、MA、ARMA、ARIMA、SARIMA、VAR、深度学习的 K_{trd_method} 方法修正系数, 依次为 0.70、0.75、0.80、0.85、0.85、0.9、1.0。更重要的是, 在后续的动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略中可以进行动态优化调整。

[0204] P500: 建立或更新所述用户个性睡眠可持续性数据库。

[0205] 第一步、根据睡眠时相曲线和睡眠可持续性指数曲线, 计算不同睡眠时相下睡眠可持续性指数的分布特征, 得到时相指数分布特征。

[0206] 本实施例中, 分布特征至少包括平均值、均方根、最大值、最小值、方差、标准差、变异系数、峰度和偏度中的任意一项。

[0207] 本实施例中, 时相指数分布特征主要包括清醒觉醒期、浅睡眠期、深睡眠期和快速眼动睡眠期的、睡眠可持续性指数的平均值、最大值、最小值的统计分布情况, 来观察分析不同睡眠时相下睡眠可持续性指数的主要特征。

[0208] 第二步、根据睡眠时相曲线和动态调节效果曲线, 计算不同睡眠时相下动态调节效果系数的分布特征, 得到时相效果分布特征。

[0209] 本实施例中, 时相效果分布特征主要包括清醒觉醒期、浅睡眠期、深睡眠期和快速眼动睡眠期的、动态调节效果的平均值、最大值、最小值的统计分布情况, 来观察分析不同睡眠时相下动态调节效果, 判断干预难易程度。

[0210] 第三步、计算睡眠可持续性指数曲线和动态调节效果曲线的相关性, 得到动态调节综合效果系数。

[0211] 本实施例中, 相关性的计算方法至少包括相干性分析、皮尔逊相关分析、杰卡德相似分析、线性互信息分析、线性相关分析、欧氏距离分析、曼哈顿距离分析、切比雪夫距离分析中的任意一项。

[0212] 在实际应用场景中, 皮尔逊相关分析能够快速准确地评价睡眠可持续性指数曲线和动态调节效果曲线的相关性, 来量化用户睡眠生理对于动态调节的适应性和应激程度, 为动态调节策略的制定提供依据。

[0213] 第四步、动态收集检测调节过程数据和分析结果, 初始化建立或持续动态更新用户个性睡眠可持续性数据库。

[0214] 本实施例中, 用户个性睡眠可持续性数据库至少包括用户关键生理信息、睡眠状态特征曲线、睡眠时相曲线、睡眠可持续性指数曲线、动态调节效果曲线、时相指数分布特征、时相效果分布特征、动态调节综合效果系数、模态分解方法、趋势预测分析方法、睡眠可持续性动态调节策略、睡眠可持续性动态检测调节基本方案。

[0215] 本实施例中, 如用户是新用户的首次检测调节, 那么需要在第一步检测调节周期

结束时就开始初始化建立用户个性睡眠可持续性数据库,为后续检测量化和动态调节的动态过程优化提供基础。

[0216] P600:根据所述用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新所述睡眠可持续性通用数据库。

[0217] 第一步、按照预设检测调节优化周期,根据用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,持续提高检测调节的效率效果。

[0218] 本实施例中,动态检测调节过程方法策略至少包括去高斯噪声处理方法参数、模态分解方法参数、特征曲线高频阈值、趋势预测分析方法参数、睡眠可持续性动态调节策略和动态调节效果评估方法参数。

[0219] 在实际应用场景中,可以根据用户情况设置不同的检测调节优化周期,来改变用户睡眠可持续性检测调节的优化响应速度和进程灵敏度,进一步持续提高检测量化和动态调节的效率效果。

[0220] 第二步、按照预设报告生成周期,生成用户睡眠可持续性检测调节报告。

[0221] 本实施例中,用户睡眠可持续性检测调节报告至少包括用户关键生理信息、睡眠状态特征曲线、睡眠时相曲线、睡眠可持续性指数曲线、动态调节效果曲线、时相指数分布特征、时相效果分布特征、动态调节综合效果系数、睡眠可持续性检测调节总结。

[0222] 在实际应用场景中,可以根据用户情况设置不同的报告生成周期,来满足对用户睡眠可持续性的观察、分析和总结,可以对用户睡眠可持续性检测调节报告进行多种格式输出和多种形式展现,适应不同场景需要。

[0223] 第三步、按照预设通用数据库更新周期,根据用户个性睡眠可持续性数据库和用户睡眠可持续性检测调节报告,将更新睡眠可持续性通用数据库的用户关键数据信息。

[0224] 本实施例中,睡眠可持续性通用数据库的持续更新,能够保障不同健康状态人群的睡眠可持续性的检测量化及动态调节的关键数据的积累,有利于睡眠可持续性动态检测调节基本方案与新用户的高效匹配,提高新用户首次检测调节的准确性和有效性。

[0225] 结合图2所示,本发明实施例提供的一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节系统,所述系统被构造以用于执行上述各个方法步骤。所述系统包括如下模块:

[0226] 方案初始化模块S100,用于获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0227] 状态采集分析模块S200,用于根据睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;

[0228] 指数模态分析模块S300,用于对睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线;

[0229] 睡眠动态调节模块S400,用于对睡眠状态特征曲线和睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估;

[0230] 数据统计更新模块S500,用于建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库;

[0231] 检测调节优化模块S600,用于根据用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化

睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更新睡眠可持续性通用数据库;

[0232] 数据运行管理模块S700,用于对系统的所有数据进行可视化管理、统一存储和运行管理。

[0233] 本实施例中,方案初始化模块S100还包括以下功能单元:

[0234] 基础方案选择单元,用于获取用户关键生理信息,并从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选与用户个性化生理匹配的睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0235] 检测调节初始化单元,用于根据睡眠可持续性动态检测调节基本方案,初始化用户睡眠可持续性的检测量化和动态调节的过程方法或过程策略。

[0236] 本实施例中,状态采集分析模块S200还包括以下功能单元:

[0237] 状态采集处理单元,用于对用户睡眠生理信号进行动态地监测采集和信号处理,得到睡眠生理状态数据;

[0238] 状态特征提取单元,用于对睡眠生理状态数据进行动态地特征分析和特征选择,生成睡眠状态特征曲线;

[0239] 睡眠时相分析单元,用于对睡眠生理状态数据进行动态地睡眠时相分析,生成睡眠时相曲线。

[0240] 本实施例中,指数模态分析模块S300还包括以下功能单元:

[0241] 高斯噪声处理单元,用于对睡眠状态特征曲线进行动态地去噪声处理,得到目标睡眠状态特征曲线;

[0242] 信号模态分解单元,用于对目标睡眠状态特征曲线进行动态地模态分解,得到睡眠状态特征IMF分解信号集;

[0243] 分解信号提取单元,用于对睡眠状态特征IMF分解信号集进行频谱分析,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,生成睡眠可持续性特征信号;

[0244] 睡眠指数计算单元,用于根据睡眠时相曲线、目标睡眠状态特征曲线和睡眠可持续性特征信号,动态计算得到睡眠可持续性指数并生成睡眠可持续性指数曲线。

[0245] 本实施例中,睡眠动态调节模块S400还包括以下功能单元:

[0246] 状态趋势预测单元,用于对睡眠状态特征曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠状态特征预测值;

[0247] 指数趋势预测单元,用于对睡眠可持续性指数曲线进行动态地趋势预测分析,得到睡眠可持续性指数预测值;

[0248] 动态策略生成单元,用于根据睡眠状态特征预测值和睡眠可持续性指数预测值,按照睡眠可持续性检测调节周期和预设睡眠调节知识库,生成睡眠可持续性动态调节策略;

[0249] 睡眠动态调节单元,用于根据睡眠可持续性动态调节策略,连接并控制睡眠调节外围设备,对用户睡眠过程进行动态调节;

[0250] 效果动态评估单元,用于对调节效果进行动态跟踪评估,计算动态调节效果系数并生成动态调节效果曲线。

[0251] 本实施例中,数据统计更新模块S500还包括以下功能单元:

[0252] 时相指数分析单元,用于根据睡眠时相曲线和睡眠可持续性指数曲线,计算不同睡眠时相下睡眠可持续性指数的分布特征,得到时相指数分布特征;

[0253] 时相效果分析单元,用于根据睡眠时相曲线和动态调节效果曲线,计算不同睡眠时相下动态调节效果系数的分布特征,得到时相效果分布特征;

[0254] 综合效果评价单元,用于计算睡眠可持续性指数曲线和动态调节效果曲线的相关性,得到动态调节综合效果系数;

[0255] 个性数据库更新单元,用于动态收集检测调节过程数据和分析结果,初始化建立或持续动态更新用户个性睡眠可持续性数据库。

[0256] 本实施例中,检测调节优化模块S600还包括以下功能单元:

[0257] 过程动态优化单元,用于按照预设检测调节优化周期,根据用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,持续提高检测调节的效率效果;

[0258] 用户报告生成单元,用于按照预设报告生成周期,生成用户睡眠可持续性检测调节报告;

[0259] 用户报告管理单元,用于对用户睡眠可持续性检测调节报告的格式输出、展现形式进行统一管理;

[0260] 通用数据库更新单元,用于按照预设通用数据库更新周期,根据用户个性睡眠可持续性数据库和用户睡眠可持续性检测调节报告,将更新睡眠可持续性通用数据库的用户关键数据信息。

[0261] 本实施例中,数据运行管理模块S700还包括以下功能单元:

[0262] 用户信息管理单元,用于用户基本信息的登记输入、编辑、查询、输出和删除;

[0263] 数据可视化管理单元,用于对系统中所有数据的可视化展现管理;

[0264] 数据存储管理单元,用于对系统中所有数据的统一存储管理;

[0265] 数据运营管理单元,用于对系统中所有数据的备份、迁移和导出。

[0266] 结合图3所示,本发明实施例提供的一种基于模态分解的睡眠可持续性检测调节装置,包括以下模组:

[0267] 方案初始化模组M100,用于获取用户关键生理信息,从睡眠可持续性通用数据库或用户个性睡眠可持续性数据库中筛选并初始化睡眠可持续性动态检测调节基本方案;

[0268] 状态采集分析模组M200,用于根据睡眠可持续性动态检测调节基本方案,对用户睡眠生理信号进行采集和处理,得到睡眠状态特征曲线和睡眠时相曲线;

[0269] 指数模态分析模组M300,用于对睡眠状态特征曲线进行去噪声处理和模态分解,根据特征曲线高频阈值提取高频模态分解信号,得到睡眠可持续性特征信号,计算睡眠可持续性指数和睡眠可持续性指数曲线;

[0270] 睡眠动态调节模组M400,用于对睡眠状态特征曲线和睡眠可持续性指数曲线进行趋势预测分析,生成睡眠可持续性动态调节策略,对用户睡眠过程进行动态调节及效果评估;

[0271] 数据统计更新模组M500,用于建立或更新用户个性睡眠可持续性数据库;

[0272] 检测调节优化模组M600,用于根据用户个性睡眠可持续性数据库,动态迭代优化睡眠可持续性的动态检测调节过程方法策略,生成用户睡眠可持续性检测调节报告,并更

新睡眠可持续性通用数据库；

[0273] 数据可视化模组M700,用于对装置中所有过程数据和结果数据的统一可视化展示管理；

[0274] 数据管理中心模组M800,用于对装置中所有过程数据和结果数据的统一存储和数据运营管理。

[0275] 所述装置被构造以用于对应执行图1的方法中的各个步骤,在此不再赘述。

[0276] 本发明还提供了可编程的各类处理器(FPGA、ASIC或其他集成电路),所述处理器用于运行程序,其中,所述程序运行时执行上述实施例中的步骤。

[0277] 本发明还提供了对应的计算机设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述存储器执行所述程序时实现上述实施例中的步骤。

[0278] 虽然本发明所揭露的实施方式如上,但所述的内容仅为便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。任何本发明所属领域内的技术人员,在不脱离本发明所揭露的精神和原则的前提下,可以在实施的形式及细节上进行任何的修改与变化、等同替换等,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的专利保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

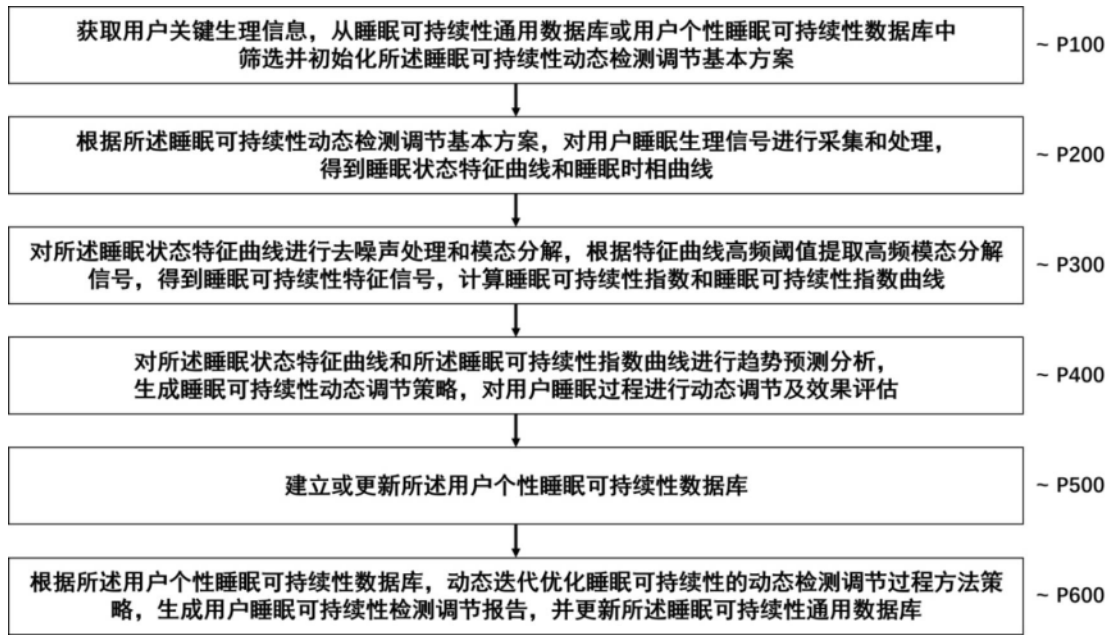


图1

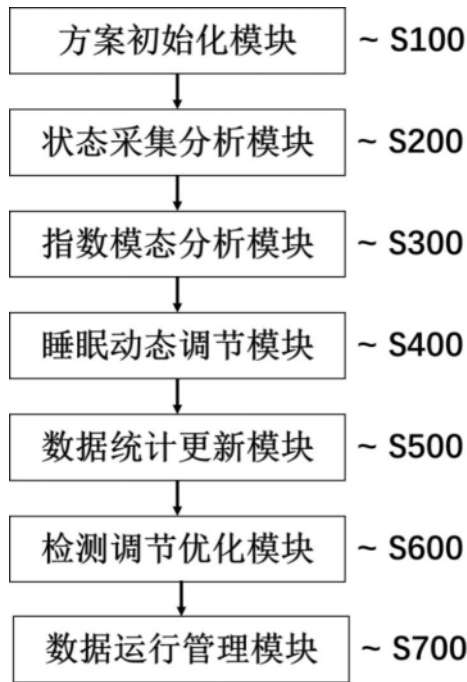


图2

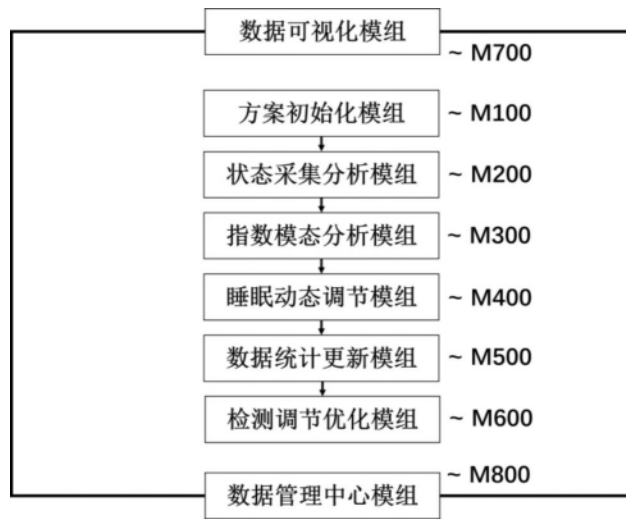


图3