



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104305964 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201410633521. 0

(22) 申请日 2014. 11. 11

(73) 专利权人 东南大学

地址 214000 江苏省无锡市新区菱湖大道  
99 号

(72) 发明人 禹东川 李艳玮 陈鸿雁 刘芳

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

A61B 5/00(2006. 01)

A61B 5/0476(2006. 01)

审查员 胡新芬

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

头戴式疲劳检测装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种头戴式疲劳检测装置及方法,其中检测装置包括:脑电采集模块,用于获取用户的原始脑电信号;脑电分析模块,用于实时接收所述原始脑电信号,并通过标准时频分析算法处理原始脑电信号,获得特征参数,包括脑电节律功率谱和眨眼频率;疲劳估计器,用于根据所述特征参数所处的空间分布实现对用户的疲劳程度的估计,生成疲劳估计结果;语音播报模块,用于将所述疲劳估计结果实时播放给用户;电源模块,用于为上述各模块提供能量。本发明结构简单,适用性广泛,性能优越,能够解决疲劳检测问题,具有较好的市场前景。



1. 基于头戴式疲劳检测装置的疲劳检测方法,其特征在于,所述头戴式疲劳检测装置包括:

脑电采集模块,用于获取用户的原始脑电信号;

脑电分析模块,用于实时接收所述原始脑电信号,并通过标准时频分析算法处理原始脑电信号,获得特征参数,包括脑电节律功率谱和眨眼频率;

疲劳估计器,用于根据所述特征参数所处的空间分布实现对用户的疲劳程度的估计,生成疲劳估计结果;

语音播报模块,用于将所述疲劳估计结果实时播放给用户;

电源模块,用于为上述各模块提供能量;

脑电采集模块、脑电分析模块、疲劳估计器、语音播报模块和电源模块整体封装在头戴式外壳中;

脑电采集模块采用干电极,脑电信号采集的头皮位置为双侧前额叶,参考电极和地电极分别位布置在左右耳垂;

脑电分析模块通过标准的时频分析获得的脑电节律功率谱和眨眼频率;其中,脑电节律包括 $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波和 $\gamma$ 波;

特征参数包括 $\delta$ 波功率谱、 $\theta$ 波功率谱、 $\alpha$ 波功率谱、 $\beta$ 波功率谱、 $\gamma$ 波功率谱、眨眼频率和眨眼频率历史信息;疲劳估计器采用三层前向神经网络,隐层激励函数是Sigmoid函数,输出层激活函数为线性函数;

疲劳检测包括如下步骤:

步骤1:通过脑电采集模块采集原始脑电信号,并将其实时传输给脑电分析模块;

所述脑电采集模块包括信号电极输入、带通滤波电路、初级放大电路、低通滤波电路、次级放大电路、陷波电路、第三级放大电路和数模转换器;

信号电极输入采集到的微弱原始脑电信号输入带通滤波电路滤除脑电信号的低频噪声;接着信号进入到初级放大电路进行第一次放大,放大之后的脑电信号进入到低通滤波电路中滤除信号中掺杂的高频噪声,而让所有的有用信号通过;信号接着又进入到次级放大电路中进行了第二次放大;接着信号经过陷波电路来抑制50Hz工频干扰;信号经过陷波电路之后进入都第三级放大电路中进行最后一次信号放大,其输出信号经过模数转换获得数字信号,并输入到脑电分析模块进行进一步处理;其中,所述信号电极输入采用干电极,脑电信号采集的头皮位置为双侧前额叶,参考电极和地电极分别位布置在左右耳垂;

步骤2:通过标准时频分析算法处理原始脑电信号,获得特征参数;

首先,通过时频分析单元对脑电采集模块发送来的脑电信号进行标准化的时频分析,为后续节律功率谱计算单元和眨眼频率计算单元提供输入信号;节律功率谱计算单元分别计算不同脑电节律脑电波功率谱,其中脑电节律包括 $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、和 $\gamma$ 波;眨眼频率计算单元则通过时频分析获得眨眼时刻的间隔信息,并进而获得用户眨眼频率信息,与此同时这些信息将通过历史信息存储单元进行存储;最后,特征参数提取单元将根据节律功率谱计算单元、眨眼频率计算单元和历史信息存储单元的结果,通过主元分析方法确定后续疲劳估计器进行模式分类用的特征参数;

步骤3:根据所述特征参数所处的空间分布实现对用户的疲劳程度的估计,生成疲劳估计结果;疲劳估计器包括特征参数输入单元、三层前向神经网络、系统参数计算单元、典型

历史数据单元和预测输出单元；

疲劳估计器的构建分为两个阶段，第一个阶段为系统参数确定阶段，第二个阶段为实时计算阶段；在系统参数确定阶段，依据典型历史数据单元将典型的大样本量特征参数数据输入到系统参数计算单元，系统参数计算单元通过机器学习算法获得三层前向神经网络的特征参数；在实时计算阶段，首先要通过特征参数输入单元将模式分类所需的特征参数输入到三层前向神经网络，三层前向神经网络根据当前的系统参数计算获得函数输出，函数输出结果经过预测输出单元处理获得最终输出结果；

所述疲劳估计器采用三层前向神经网络结构，即隐层激励函数是Sigmoid函数

$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ ，输出层激活函数为线性函数 $f(x) = x$ ，因此三层前向神经网络的函数映射

关系表示为： $out = W_2 * f(W_1 * in + B_1) + B_2$ ，

其中，out为三层前向神经网络的函数映射关系的输出、in为三层前向神经网络的函数映射关系的输入、 $W_1$ 为隐层权值、 $W_2$ 为输出层权值、 $B_1$ 为隐层阈值、 $B_2$ 为输出层阈值；

机器学习算法采用前向神经网络结构设计算法，确定隐层神经元数量、输入层权值与阈值、隐层权值与阈值，以及输出层权值与阈值；预测输出单元的最终输出结果采用五点量化方法具体分为“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”五个量化等级；

步骤4：将所述疲劳估计结果实时播放给用户；

语音播报模块，包括微处理器、语音存储单元和语音播放单元，微处理器首先接受疲劳估计器输出的模式分类结果，即“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”五个量化等级中的一个，接着通过查询语音存储单元获得事先录好的能反映疲劳状态的五种与“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”的语言提示信息，最后通过语音播放单元实时播放，用户依据播放语言提示信息实时掌握自己的疲劳程度。

## 头戴式疲劳检测装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于生理参数检测领域,尤其是一种头戴式疲劳检测装置及方法。

### 背景技术

[0002] 随着现代交通运输业的飞速发展,交通事故已成为当前全球所面临的严重问题。据统计,全世界每年因交通事故导致的死亡人数达60万,直接经济损失约125亿美元,这些事故中57%的灾难性事故与驾驶员疲劳驾驶有关。

[0003] 近年来,疲劳检测问题已受到世界各国越来越多研究人员的关注。目前,疲劳驾驶的检测方法主要分为三大类,即基于行为特征的方法、基于图像处理的方法、基于生理检测的方法。

[0004] 首先,基于行为特征的检测方法受到驾驶员驾驶习惯各异的制约,而且还受到长期强化训练因素的干扰。其次,基于图像处理的方法要求用户的面部必须处于合适的空间范围(超出范围就无法实现检测)、且摄像机要能拍摄到正面图像(非正面面部识别技术目前还存在短期无法解决的巨大缺陷)。最后,基于生理信号的方法所采用的信号主要包括心率、呼吸、头动、人眼和嘴部形态等,这些生理信号的获取生态性较差,而且佩戴相应传感器不是很方便。

### 发明内容

[0005] 发明目的:一方面提供一种头戴式疲劳检测装置,以解决现有技术的上述问题,为用户提供生态性强、使用方便、检测可靠的疲劳实时检测结果,并将计算结果通过语音实时反馈给用户。另一方面,提供一种头戴式疲劳检测方法。

[0006] 技术方案:一种头戴式疲劳检测装置,包括:

[0007] 脑电采集模块,用于获取用户的原始脑电信号;

[0008] 脑电分析模块,用于实时接收所述原始脑电信号,并通过标准时频分析算法处理原始脑电信号,获得特征参数,包括脑电节律功率谱和眨眼频率;

[0009] 疲劳估计器,用于根据所述特征参数所处的空间分布实现对用户的疲劳程度的估计,生成疲劳估计结果;

[0010] 语音播报模块,用于将所述疲劳估计结果实时播放给用户;

[0011] 电源模块,用于为上述各模块提供能量。

[0012] 在进一步的实施例中,所述脑电采集模块、脑电分析模块、疲劳估计器、语音播报模块和电源模块整体封装在头戴式外壳中。所述脑电采集模块采用干电极,脑电信号采集的头皮位置为双侧前额叶,参考电极和地电极分别布置在左右耳垂。所述脑电分析模块通过标准的时频分析获得的脑电节律功率谱和眨眼频率;其中,脑电节律包括 $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波和 $\gamma$ 波。所述特征参数包括 $\delta$ 波功率谱、 $\theta$ 波功率谱、 $\alpha$ 波功率谱、 $\beta$ 波功率谱、 $\gamma$ 波功率谱、眨眼频率和眨眼频率历史信息。所述疲劳估计器采用三层前向神经网络,隐层激励函数是Sigmoid函数,输出层激活函数为线性函数。疲劳估计结果分为“不疲劳”、“稍微有些疲

劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”和“极度疲劳”五个量化等级。

[0013] 基于上述头戴式疲劳检测装置的疲劳检测方法,包括如下步骤:

[0014] 步骤1:通过脑电采集模块采集原始脑电信号,并将其实时传输给脑电分析模块;

[0015] 所述脑电采集模块包括信号电极输入、带通滤波电路、初级放大电路、低通滤波电路、次级放大电路、陷波电路、第三级放大电路和数模转换器;

[0016] 信号电极输入采集到的微弱原始脑电信号输入带通滤波电路滤除脑电信号的低频噪声;接着信号进入到初级放大电路进行第一次放大,放大之后的脑电信号进入到低通滤波电路中滤除信号中掺杂的高频噪声,而让所有的有用信号通过;信号接着又进入到次级放大电路中进行了第二次放大;接着信号经过陷波电路来抑制50Hz工频干扰;信号经过陷波电路之后进入都第三级放大电路中进行最后一次信号放大,其输出信号经过模数转换获得数字信号,并输入到脑电分析模块进行进一步处理;其中,所述信号电极输入采用干电极,脑电信号采集的头皮位置为双侧前额叶,参考电极和地电极分别位布置在左右耳垂;

[0017] 步骤2:通过标准时频分析算法处理原始脑电信号,获得特征参数;

[0018] 首先,通过时频分析单元对脑电采集模块发送来的脑电信号进行标准化的时频分析,为后续节律功率谱计算单元和眨眼频率计算单元提供输入信号;节律功率谱计算单元分别计算不同脑电节律脑电波功率谱,其中脑电节律包括 $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、和 $\gamma$ 波;眨眼频率计算单元则通过时频分析获得眨眼时刻的间隔信息,并进而获得用户眨眼频率信息,与此同时这些信息将通过历史信息存储单元进行存储;最后,特征参数提取单元将根据节律功率谱计算单元、眨眼频率计算单元和历史信息存储单元的结果,通过主元分析方法确定后续疲劳估计器进行模式分类用的特征参数;

[0019] 步骤3:根据所述特征参数所处的空间分布实现对用户的疲劳程度的估计,生成疲劳估计结果;疲劳估计器包括特征参数输入单元、三层前向神经网络、系统参数计算单元、典型历史数据单元和预测输出单元;

[0020] 疲劳估计器的构建分为两个阶段,第一个阶段为系统参数确定阶段,第二个阶段为实时计算阶段;在系统参数确定阶段,依据典型历史数据单元将典型的大样本量特征参数数据输入到系统参数计算单元,系统参数计算单元通过合适的机器学习算法获得三层前向神经网络的特征参数;在实时计算阶段,首先要通过特征参数输入单元将模式分类所需的特征参数输入到三层前向神经网络,三层前向神经网络根据当前的系统参数计算获得函数输出,函数输出结果经过预测输出单元处理获得最终输出结果;

[0021] 所述疲劳估计器采用三层前向神经网络结构,即隐层激励函数是Sigmoid函数

$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ ,  $x$ 、 $f(x)$ 分别表示输入和输出,输出层激活函数为线性函数 $f(x) = x$ ,  $x$ 、 $f(x)$

分别表示输入和输出,因此三层前向神经网络的函数映射关系可以表示为: $out = W_2 * f(W_1 * in + B_1) + B_2$ ,

[0022] 其中, $out$ 为三层前向神经网络的函数映射关系的输出、 $in$ 为三层前向神经网络的函数映射关系的输入、 $W_1$ 为隐层权值、 $W_2$ 为输出层权值、 $B_1$ 为隐层阈值、 $B_2$ 为输出层阈值;

[0023] 机器学习算法采用前向神经网络结构设计算法,确定隐层神经元数量、输入层权值与阈值、隐层权值与阈值、输出层权值与阈值等结构信息;预测输出单元的最终输出结果采用五点量化方法具体分为“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲

劳”五个量化等级；

[0024] 步骤4:将所述疲劳估计结果实时播放给用户；

[0025] 语音播报模块,包括微处理器、语音存储单元、语音播放单元。微处理器首先接受疲劳估计器输出的模式分类结果,即“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”五个量化等级中的一个,通过查询语音存储单元获得事先录好的能反映疲劳状态的五种与“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”的语言提示信息,最后通过语音播放单元实时播放,用户可以依据播放语言提示信息实时掌握自己的疲劳程度。

[0026] 有益效果:首先,本发明利用可穿戴脑电检测技术解决疲劳程度估计问题,与主流的基于图像分析的技术限制用户的面部必须处于合适的空间范围(超出范围就无法实现检测)且摄像机要能拍摄到正面图像(非正面面部识别技术目前还存在短期无法解决的巨大缺陷)等不同,本发明不受用户使用场所和空间方位的限制,检测也更加可靠。其次,本发明提出将脑电信号用于疲劳检测的思路,能比已有生理信号检测(如心率、呼吸、头动、人眼和嘴部形态等)方法获得更直接反映用户疲劳程度的生理信号(即脑电信号),因此检测的生态性更强、可靠性更高。最后,本发明采用了先进的可穿戴技术,疲劳检测仪整体封装在头戴式外壳中,无需任何额外硬件装置就可以实现所有功能,使用非常便捷,也适用于佩戴眼镜用户使用。总之,本发明结构简单,适用性广泛,性能优越,能够解决疲劳检测问题,具有较好的市场前景。

## 附图说明

[0027] 图1是本发明头戴式疲劳检测仪的结构框图。

[0028] 图2是本发明脑电采集模块的结构框图。

[0029] 图3是本发明脑电分析模块的结构框图。

[0030] 图4是本发明疲劳估计器的结构框图。

[0031] 图5是本发明语音播报模块的结构框图。

## 具体实施方式

[0032] 如图1所示,本发明的头戴式疲劳检测仪包括脑电采集模块、脑电分析模块、疲劳估计器和语音播报模块。

[0033] 其中,脑电采集模块、脑电分析模块、疲劳估计器、语音播报模块被整体封装在头戴式外壳中,无需任何额外硬件装置就可以实现所有功能,使用非常便捷。脑电采集模块首先获取用户的原始脑电信号,并实时传输给脑电分析模块,脑电分析模块通过标准的时频分析算法获得脑电节律功率谱和眨眼频率,这些计算结果将被作为特征参数发送到疲劳估计器,疲劳估计器将根据获得的特征参数所处空间分布最终实现对用户的疲劳程度的估计,估计结果将通过语音播报模块直接播放给用户,用户可以依据播放语言信息实时掌握自己的疲劳程度。

[0034] 所图2所示,脑电采集模块包括信号电极输入、带通滤波电路、初级放大电路、低通滤波电路、次级放大电路、陷波电路、第三级放大电路和数模转换器。信号电极输入采集到的微弱原始脑电信号输入带通滤波电路滤除脑电信号的低频噪声;接下来信号进入到初级

放大电路进行第一次放大,放大之后的脑电信号进入到低通滤波电路中滤除信号中掺杂的高频噪声,而让所有的有用信号通过;信号接着又进入到次级放大电路中进行了第二次放大;接着信号经过陷波电路来抑制50Hz工频干扰;信号经过陷波电路之后进入都第三级放大电路中进行最后一次信号放大,其输出信号经过模数转换获得数字信号,并输入到脑电分析模块进行进一步处理。其中,所述信号电极输入采用干电极,脑电信号采集的头皮位置为双侧前额叶,参考电极和地电极分别位布置在左右耳垂。

[0035] 所图3所示,脑电分析模块首先通过时频分析单元对脑电采集模块发送来的脑电信号(数字化的)进行标准化的时频分析,为后续节律功率谱计算单元和眨眼频率计算单元提供输入信号;节律功率谱计算单元分别计算不同脑电节律脑电波功率谱,其中脑电节律包括 $\delta$ 波(1-3Hz)、 $\theta$ 波(4-7Hz)、 $\alpha$ 波(8-13Hz)、 $\beta$ 波(14-25Hz)、和 $\gamma$ 波(25Hz以上);眨眼频率计算单元则通过时频分析获得眨眼时刻的间隔信息,并进而获得用户眨眼频率信息,与此同时这些信息将通过历史信息存储单元进行存储;最后,特征参数提取单元将根据节律功率谱计算单元、眨眼频率计算单元、历史信息存储单元的结果,通过主元分析方法最终确定后续疲劳估计器进行模式分类用的特征参数。

[0036] 所图4所示,所述疲劳估计器,包括特征参数输入单元、三层前向神经网络、系统参数计算单元、典型历史数据单元、预测输出单元。疲劳估计器的构建分为两个阶段,第一个阶段为系统参数确定阶段,第二个阶段为实时计算阶段。在系统参数确定阶段,依据典型历史数据单元将典型的大样本量特征参数数据输入到系统参数计算单元,系统参数计算单元通过合适的机器学习算法获得三层前向神经网络的特征参数;在实时计算阶段,首先要通过特征参数输入单元将模式分类所需的特征参数输入到三层前向神经网络,三层前向神经网络根据当前的系统参数计算获得函数输出,函数输出结果经过预测输出单元处理获得最终输出结果。所述疲劳估计器采用的三层前向神经网络为标准的结构,即隐层激励函数是

Sigmoid函数  $f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ , 输出层激活函数为线性函数  $f(x) = x$ , 因此三层前向神经网络的函数映射关系可以表示为:

$out = W_2 * f(W_1 * in + B_1) + B_2$ , 其中out为三层前向神经网络的函数映射关系的输出、in为三层前向神经网络的函数映射关系的输入、 $W_1$ 为隐层权值、 $W_2$ 为输出层权值、 $B_1$ 为隐层阈值、 $B_2$ 为输出层阈值。所述机器学习算法是采用了标准化的前向神经网络结构设计算法,确定隐层神经元数量、输入层权值与阈值、隐层权值与阈值、输出层权值与阈值等结构信息。所述预测输出单元的最终输出结果采用五点量化方法具体分为“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”五个量化等级。

[0037] 所图5所示,所述语音播报模块,包括微处理器、语音存储单元、语音播放单元。微处理器首先接受疲劳估计器输出的模式分类结果(即“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”五个量化等级中的一个),通过查询语音存储单元获得事先录好的能反映疲劳状态的五种与“不疲劳”、“稍微有些疲劳”、“有些疲劳”、“非常疲劳”、“极度疲劳”的语言提示信息,最后通过语音播放单元实时播放,用户可以依据播放语言提示信息实时掌握自己的疲劳程度。

[0038] 总之,本发明的头戴式疲劳检测装置由于采用了头戴式脑电检测技术,因此具有测量的生态性强、使用便携等特点,且不受用户使用场所和空间方位的限制,检测也更加可靠。

[0039] 以上详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种等同变换,这些等同变换均属于本发明的保护范围。另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复,本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。此外,本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明的思想,其同样应当视为本发明所公开的内容。

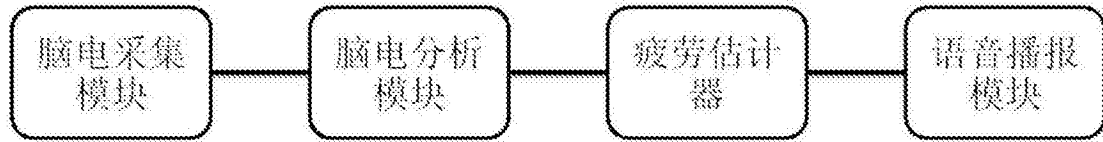


图1

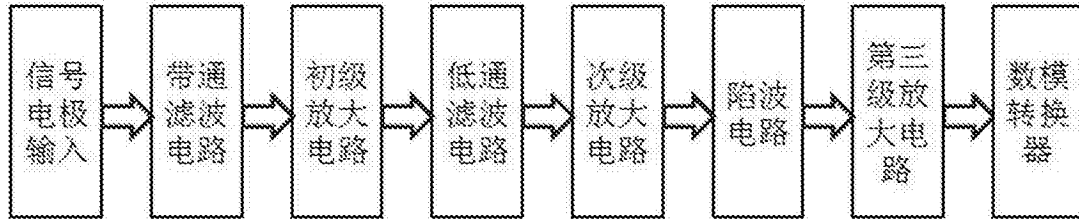


图2

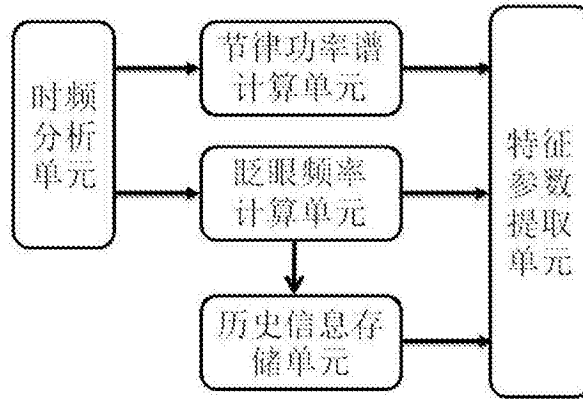


图3

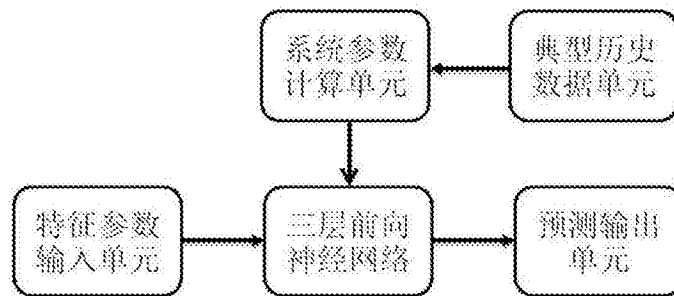


图4



图5

专利名称(译)	头戴式疲劳检测装置及方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN104305964B</a>	公开(公告)日	2016-05-04
申请号	CN201410633521.0	申请日	2014-11-11
[标]申请(专利权)人(译)	东南大学		
申请(专利权)人(译)	东南大学		
当前申请(专利权)人(译)	东南大学		
[标]发明人	禹东川 李艳玮 陈鸿雁 刘芳		
发明人	禹东川 李艳玮 陈鸿雁 刘芳		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/0476		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/6803 A61B5/7235		
其他公开文献	CN104305964A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种头戴式疲劳检测装置及方法，其中检测装置包括：脑电采集模块，用于获取用户的原始脑电信号；脑电分析模块，用于实时接收所述原始脑电信号，并通过标准时频分析算法处理原始脑电信号，获得特征参数，包括脑电节律功率谱和眨眼频率；疲劳估计器，用于根据所述特征参数所处的空间分布实现对用户的疲劳程度的估计，生成疲劳估计结果；语音播报模块，用于将所述疲劳估计结果实时播放给用户；电源模块，用于为上述各模块提供能量。本发明结构简单，适用性广泛，性能优越，能够解决疲劳检测问题，具有较好的市场前景。

