



(21)申请号 201611116329.X

(22)申请日 2016.12.07

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106580349 A

(43)申请公布日 2017.04.26

(73)专利权人 中国民用航空总局第二研究所
地址 610041 四川省成都市二环路南二段
17号

(72)发明人 张建平 罗启铭 邹翔 陈甫
张继明

(74)专利代理机构 北京酷爱智慧知识产权代理
有限公司 11514

代理人 任媛

(51)Int.Cl.

A61B 5/16(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/024(2006.01)

(56)对比文件

CN 104182995 A, 2014.12.03,

CN 104182995 A, 2014.12.03,

CN 105877766 A, 2016.08.24,

CN 101872171 A, 2010.10.27,

US 2016/0090097 A1, 2016.03.31,

王仲民等.基于D-S理论和模糊神经网络的
疲劳驾驶监测.《自动化与仪表》.2016,第31卷
(第3期),

谭桂玲.基于多源信息融合的驾驶员疲劳预
警技术研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据
库 工程科技II辑》.2015,(第7期),第31-35页.

审查员 夏逸蓉

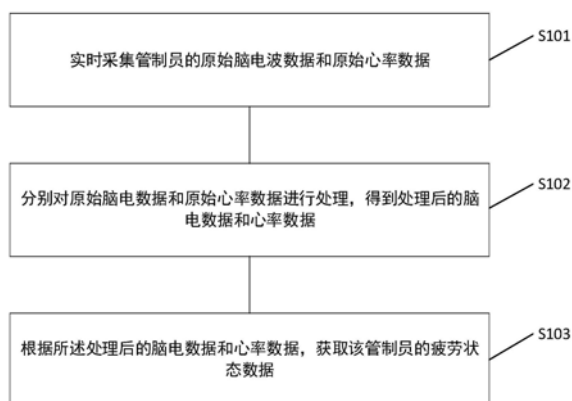
权利要求书3页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

管制员疲劳检测方法及装置、管制员疲劳响
应方法及装置

(57)摘要

本发明提供了一种管制员疲劳检测方法及
装置,该方法预先获取每个管制员不同疲劳状态
时的脑电数据和心率数据,再在工作时对管制员
的脑电数据和心率数据进行实时检测,并与预先
存储的该管制员的脑电数据和心率数据进行匹
配,用来评估该管制员的疲劳状态数据,或者根
据处理后的脑电数据和心率数据,与预先存储的
该管制员的脑电数据和心率数据共同组成疲劳
证据库,基于D-S证据理论来获取管制员的疲劳
状态数据;空管系统根据管制员的疲劳状态做出
相应安排保障空中交通管制安全。本发明还提供
了一种管制员疲劳响应方法及装置,对应不同疲
劳状态,驱动相应设备做出响应,保障空中交通
管制安全。



1. 一种管制员疲劳检测方法,其特征在于,包括:

实时采集管制员的原始脑电波数据和原始心率数据;

分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据;

根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据;

所述根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据的步骤,具体为:

针对每个管制员,将处理后的和预先采集的每一时间片段内的脑电数据和心率数据组合视为一组证据,由处理后的和预先采集的多组证据共同组成每个管制员的疲劳证据库;

针对每一管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论设计证据合成规则,计算各组证据中所述脑电数据、所述心率数据提示疲劳程度的初始可信度;

具体采用以下公式计算每个事件对于各个所述证据的初始可信度,所述事件为以获取管制员的疲劳状态检测结果为事件,

$$a'_k(A_i) = 1 - \frac{|a_{k,i} - a_{k,max}|}{a_{k,max}}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

式中, $a'_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的初始可信度, $a_{k,i}$ 表示第*k*个证据对应第*i*个事件的取值, $a_{k,max}$ 表示第*k*个证据的最大可接受值,*n*表示事件的数量,*m*表示证据的数量;

将所述脑电数据的初始可信度、所述心率数据的初始可信度进行归一化处理,获取所述脑电数据的基本可信度、所述心率数据的基本可信度;

具体采用以下公式将所述证据对应的所有所述初始可信度进行归一化处理,获得归一化后的基本可信度,

$$a_k(A_i) = a'_k(A_i) / \sqrt{\sum_{j=1}^n a'_k(A_j)^2}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

式中, $a_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的基本可信度, $a'_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的初始可信度,*n*表示事件的数量,*m*表示证据的数量;

根据所述脑电数据及其基本可信度、所述心率数据及其基本可信度,利用证据合成规则获取该管制员的疲劳状态的融合可信度;

具体采用以下公式将所述事件对应的所述基本可信度进行融合,获得每个所述事件的融合可信度,

$$a(A_i) = \frac{\prod_{1 \leq k \leq m} a_k(A_i)}{1 - K}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

$$\text{其中, } K = \sum_{1 \leq i \leq m} \prod_{1 \leq i \leq m} a_i(B_i), B_i \in \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$$

式中, $a(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对应的融合可信度, $\prod$ 表示求直积, $a_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的基本可信度;

根据该管制员的疲劳状态的融合可信度大小,获取该管制员的疲劳状态数据。

2. 根据权利要求1所述的管制员疲劳检测方法,其特征在于,所述分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据的步骤中,所述处理为去噪

处理。

3. 一种管制员疲劳响应方法,其特征在于,包括:

根据权利要求1-2任一项所述的方法,获取管制员的疲劳状态数据;

根据管制员的疲劳状态数据,控制外围设备做出响应。

4. 根据权利要求3所述的管制员疲劳响应方法,其特征在于,所述外围设备包括座椅按摩器、管制员报警器和远程报警器中的一种或多种。

5. 一种管制员疲劳检测装置,其特征在于,包括:

原始数据采集模块,用于实时采集管制员的原始脑电波数据和原始心率数据;

原始数据处理模块,用于分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据;

疲劳数据获取模块,用于根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据;

所述疲劳数据获取模块用于:

针对每个管制员,将处理后的和预先采集的每一时间片段内的脑电数据和心率数据组合视为一组证据,由处理后的和预先采集的多组证据共同组成每个管制员的疲劳证据库;

针对每一管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论设计证据合成规则,计算各组证据中所述脑电数据、所述心率数据提示疲劳程度的初始可信度;

具体采用以下公式计算每个事件对于各个所述证据的初始可信度,所述事件为以获取管制员的疲劳状态检测结果为事件,

$$a'_k(A_i) = 1 - \frac{|a_{k,i} - a_{k,max}|}{a_{k,max}}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

式中, $a'_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的初始可信度, $a_{k,i}$ 表示第*k*个证据对应第*i*个事件的取值, $a_{k,max}$ 表示第*k*个证据的最大可接受值,*n*表示事件的数量,*m*表示证据的数量;

将所述脑电数据的初始可信度、所述心率数据的初始可信度进行归一化处理,获取所述脑电数据的基本可信度、所述心率数据的基本可信度;

具体采用以下公式将所述证据对应的所有所述初始可信度进行归一化处理,获得归一化后的基本可信度,

$$a_k(A_i) = a'_k(A_i) / \sqrt{\sum_{j=1}^n a'_k(A_j)^2}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

式中, $a_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的基本可信度, $a'_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的初始可信度,*n*表示事件的数量,*m*表示证据的数量;

根据所述脑电数据及其基本可信度、所述心率数据及其基本可信度,利用证据合成规则获取该管制员的疲劳状态的融合可信度;

具体采用以下公式将所述事件对应的所述基本可信度进行融合,获得每个所述事件的融合可信度,

$$a(A_i) = \frac{\prod_{1 \leq k \leq m} a_k(A_i)}{1 - K}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

其中, $K = \sum_{\cap B_i = \emptyset} \prod_{1 \leq i \leq m} a_i(B_i)$, $B_i \in \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$

式中, $a(A_i)$ 表示第 i 个事件 A_i 对应的融合可信度, Π 表示求直积, $a_k(A_i)$ 表示第 i 个事件 A_i 对于第 k 个证据的基本可信度;

根据该管制员的疲劳状态的融合信度大小, 获取该管制员的疲劳状态数据。

6. 根据权利要求5所述的管制员疲劳检测装置, 其特征在于, 所述原始数据处理模块用于:

分别对原始脑电数据和原始心率数据进行去噪处理, 得到处理后的脑电数据和心率数据。

7. 一种管制员疲劳响应装置, 其特征在于, 包括:

权利要求5-6任一项所述的装置, 用于获取管制员的疲劳状态数据;

外围设备控制模块, 用于根据管制员的疲劳状态数据, 控制外围设备做出响应。

8. 根据权利要求7所述的管制员疲劳响应装置, 其特征在于, 所述外围设备包括座椅按摩器、管制员报警器和远程报警器中的一种或多种。

管制员疲劳检测方法及装置、管制员疲劳响应方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及空中交通管制安全的技术领域,尤其涉及一种管制员疲劳检测方法及装置,和一种管制员疲劳响应方法及装置。

背景技术

[0002] 许多国家都比较重视特殊岗位疲劳检测的研究工作,尤以美国的研究发展较快。国内的疲劳检测系统研究起步较晚,比较成型的系统很少,而且只有部分疲劳检测系统实验性地用于驾驶员的疲劳检测,针对空中交通管制员的系统目前基本处于空白状态,而管制员的疲劳状态对空中交通管制安全有着至关重要的作用。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种管制员疲劳检测方法及装置,旨在提高现有技术的管制员疲劳检测装置当检测参数为脑电波和心率时的适用性问题。

[0004] 本发明的另一个目的是提供一种管制员疲劳响应方法及装置。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0006] 一种管制员疲劳检测方法,包括:

[0007] 实时采集管制员的原始脑电波数据和原始心率数据;

[0008] 分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据;

[0009] 根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据。

[0010] 在上述实施例的基础上,进一步地,所述分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据的步骤中,所述处理为去噪处理。

[0011] 在上述任意实施例的基础上,进一步地,所述根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据的步骤,具体为:

[0012] 针对每个管制员,将处理后的和预先采集的每一时间片段内的脑电数据和心率数据组合视为一组证据,由处理后的和预先采集的多组证据共同组成每个管制员的疲劳证据库;

[0013] 针对每一管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论设计证据合成规则,计算各组证据中所述脑电数据、所述心率数据提示疲劳程度的初始可信度;

[0014] 将所述脑电数据的初始可信度、所述心率数据的初始可信度进行归一化处理,获取所述脑电数据的基本可信度、所述心率数据的基本可信度;

[0015] 根据所述脑电数据及其基本可信度、所述心率数据及其基本可信度,利用证据合成规则获取该管制员的疲劳状态的融合信度;

[0016] 根据该管制员的疲劳状态的融合信度大小,获取该管制员的疲劳状态数据。

[0017] 一种管制员疲劳响应方法,包括:

[0018] 根据上述任一项实施例所述的方法,获取管制员的疲劳状态数据;

- [0019] 根据管制员的疲劳状态数据,控制外围设备做出响应。
- [0020] 在上述实施例的基础上,进一步地,所述外围设备包括座椅按摩器、管制员报警器和远程报警器中的一种或多种。
- [0021] 一种管制员疲劳检测装置,包括:
- [0022] 原始数据采集模块,用于实时采集管制员的原始脑电波数据和原始心率数据;
- [0023] 原始数据处理模块,用于分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据;
- [0024] 疲劳数据获取模块,用于根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据。
- [0025] 在上述实施例的基础上,进一步地,所述原始数据处理模块用于:
- [0026] 分别对原始脑电数据和原始心率数据进行去噪处理,得到处理后的脑电数据和心率数据。
- [0027] 在上述任意实施例的基础上,进一步地,所述疲劳数据获取模块用于:
- [0028] 针对每个管制员,将处理后的和预先采集的每一时间片段内的脑电数据和心率数据组合视为一组证据,由处理后的和预先采集的多组证据共同组成每个管制员的疲劳证据库;
- [0029] 针对每一管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论设计证据合成规则,计算各组证据中所述脑电数据、所述心率数据提示疲劳程度的初始可信度;
- [0030] 将所述脑电数据的初始可信度、所述心率数据的初始可信度进行归一化处理,获取所述脑电数据的基本可信度、所述心率数据的基本可信度;
- [0031] 根据所述脑电数据及其基本可信度、所述心率数据及其基本可信度,利用证据合成规则获取该管制员的疲劳状态的融合信度;
- [0032] 根据该管制员的疲劳状态的融合信度大小,获取该管制员的疲劳状态数据。
- [0033] 一种管制员疲劳响应装置,包括:
- [0034] 上述任一项实施例所述的装置,用于获取管制员的疲劳状态数据;
- [0035] 外围设备控制模块,用于根据管制员的疲劳状态数据,控制外围设备做出响应。
- [0036] 在上述实施例的基础上,进一步地,所述外围设备包括座椅按摩器、管制员报警器和远程报警器中的一种或多种。
- [0037] 本发明的有益效果是:
- [0038] 本发明提供了一种管制员疲劳检测方法及装置,由于检测到的脑电数据和心率数据不同,其所对应的疲劳状态不同,因此可以根据实时检测到的脑电数据和心率数据,再评估出该管制员的当前疲劳状态。该方法预先获取每个管制员不同疲劳状态时的脑电数据和心率数据,再在工作时对管制员的脑电数据和心率数据进行实时检测,并与预先存储的该管制员的脑电数据和心率数据进行匹配,用来评估该管制员的疲劳状态数据,或者根据处理后的脑电数据和心率数据,与预先存储的该管制员的脑电数据和心率数据共同组成疲劳证据库,基于D-S证据理论来获取管制员的疲劳状态数据;空管系统根据管制员的疲劳状态做出相应安排保障空中交通管制安全。在实际应用中,空管系统可以根据本发明提供的管制员的疲劳状态做出相应安排,例如调换排班、增加管制员数量等,以保障空中交通管制安全。本发明采用脑电数据和心率数据来反映管制员的疲劳状态,这是现有技术不曾披露过

的;本发明对脑电数据和心率数据的检测是实时进行的,因此给出的当前疲劳状态也是实时的;当前脑电数据和心率数据的检测技术已经成熟,因此本发明给出的管制员的当前疲劳状态结果也是清晰可靠的;用于获取脑电数据和心率数据的相关智能穿戴设备近年来发展迅速,如心率手环等,其成本不断降低,因此本发明也是极具发展前景和推广价值的。本发明还提供了一种管制员疲劳响应方法及装置,在获取管制员的疲劳状态后,控制外围设备做出响应,例如可以在管制员疲劳状态较轻时为管制员驱动提供按摩服务,帮助管制员舒缓疲劳;也可以在管制员疲劳状态过重时启动灯光示警或者声音示警,以此来刺激管制员保持清醒。本发明对应不同疲劳状态,驱动相应设备为管制员提供相应服务,在保障空中交通管制安全的同时,体现了对管制员的人文关怀。

附图说明

[0039] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0040] 图1示出了本发明实施例提供的一种管制员疲劳检测方法的流程图;

[0041] 图2示出了本发明实施例提供的一种管制员疲劳检测装置的结构示意图。

具体实施方式

[0042] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不限定本发明。

[0043] 发明人在实现本发明的过程中发现,一些生理特征,如眨眼、脑电波、心率等生理数据的变化可以反映管制员的疲劳状态,并且这些生理数据所反映的结果是互为印证的。以眨眼和脑电波为例,首先获取被测者在不同疲劳状态下的脑电波数据及眨眼数据,应用专业软件对脑电波数据进行消噪处理,再进行快速傅立叶转换将其以时域为主的脑电波数据转化为频域数据,依次提取样本不同疲劳状态下脑电波数据片断,并对相应的录像资料进行整理,提取眨眼特征值(主要为眨眼次数和闭眼时间);分析不同疲劳状态下不同波段的变化特征,主要从以下四方面进行分析:频段功率值、频段功率百分比、频段功率比值、频段功率加和比值,对不同疲劳状态下每个指标值进行方差分析(变异数分析),提取差异性达到显著性水平的指标;分析这些指标与眨眼的相关性。脑电波分析结果表明:慢 α 波对瞌睡初期阶段变化显著,而 θ 波则是瞌睡晚期或入睡阶段的主要变化波形。脑电波指标的F检验结果及与眨眼的相关性分析结果表明:功率百分比指标慢 $\alpha\%$ 和功率比值指标慢 α/β 与 $\theta/\text{慢}\alpha$ 这三个指标的差异显著性水平高,瞌睡状态下与眨眼的相关系数绝对值最大;同时功率加和比值指标 $(\theta+\text{慢}\alpha)/\beta$ 和功率比值指标慢 α/β 这两个指标在入睡状态下与眨眼的相关性最为明显。测试分析发现:慢 α 波(7-8Hz)对瞌睡初期,即睁眼较为困难的疲劳状态较为敏感。事实上这种疲劳状态是管制员疲劳工作时的常见表现特征,也是潜在的危险;而 θ 波对入睡状态敏感,进入这种阶段是极度疲劳的表现,即易导致严重的管制事故。因此可将功率百分比指标慢 $\alpha\%$ 、功率比值指标慢 α/β 和 $\theta/\text{慢}\alpha$ 这三个指标作为瞌睡状态时的辅助检验指标,功率加和比值指标 $(\theta+\text{慢}\alpha)/\beta$ 和功率比值指标慢 α/β 作为入睡状态时的辅助检验指标。通过以上脑电波指标的F检验结果及与眨眼的相关性分析的方法,为管制员疲劳检测提供了新的思路,是管制员疲劳预警装置的实验依据和理论基础,因此可以用脑电数据来反映

管制员的疲劳状态。同理,心率数据和疲劳状态的相关性也是类似的,因此也可以用心率数据来反映管制员的疲劳状态,将二者综合起来,以此来获取管制员的疲劳状态,提高了疲劳状态结果的可靠性。

[0044] 具体实施例一

[0045] 基于上述发现,如图1所示,本发明实施例提供了一种管制员疲劳检测方法,包括:

[0046] 步骤S101,实时采集管制员的原始脑电波数据和原始心率数据;

[0047] 步骤S102,分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据;

[0048] 步骤S103,根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据。

[0049] 本发明实施例可以根据实时检测到的脑电数据和心率数据评估出该管制员的当前疲劳状态,在实际应用中,空管系统可以根据本发明提供的管制员的疲劳状态做出相应安排,例如调换排班、增加管制员数量等,以保障空中交通管制安全。本发明实施例采用脑电数据和心率数据来反映管制员的疲劳状态,这是现有技术不曾披露过的;本发明实施例对脑电数据和心率数据的检测是实时进行的,因此给出的当前疲劳状态也是实时的;当前脑电数据和心率数据的检测技术已经成熟,因此本发明实施例给出的管制员的当前疲劳状态结果也是清晰可靠的;用于获取脑电数据和心率数据的相关智能穿戴设备近年来发展迅速,如心率手环等,其成本不断降低,因此本发明实施例也是极具发展前景和推广价值的。

[0050] 在对于原始脑电数据和原始心率数据的检测中,系统噪音和内在噪音的引入在所难免,本发明实施例对于原始脑电数据和原始心率数据的处理方式不做限定,优选的,步骤S102中的处理方式可以为去噪处理。这样做的好处是,防止噪音数据干扰疲劳状态的判定结果。

[0051] 本发明实施例对获取疲劳状态数据的方式不做限定,优选的,可以引入D-S证据理论来获取疲劳状态数据,也可以基于疲劳状态模型的方式来获取疲劳状态数据,下面分别做说明。

[0052] 本发明实施例可以引入D-S证据理论来获取疲劳状态数据,此时,步骤S103可以为:针对每个管制员,将处理后的和预先采集的每一时间片段内的脑电数据和心率数据组合视为一组证据,由处理后的和预先采集的多组证据共同组成每个管制员的疲劳证据库;针对每一管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论设计证据合成规则,计算各组证据中所述脑电数据、所述心率数据提示疲劳程度的初始可信度;将所述脑电数据的初始可信度、所述心率数据的初始可信度进行归一化处理,获取所述脑电数据的基本可信度、所述心率数据的基本可信度;根据所述脑电数据及其基本可信度、所述心率数据及其基本可信度,利用证据合成规则获取该管制员的疲劳状态的融合信度;根据该管制员的疲劳状态的融合信度大小,获取该管制员的疲劳状态数据。该方法预先获取每个管制员不同疲劳状态时的脑电数据和心率数据,再在工作时对管制员的脑电数据和心率数据进行实时检测,并与预先存储的该管制员的脑电数据和心率数据共同组成管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论来检测管制员的疲劳状态。这样做的好处是,可以利用D-S证据理论的特性,对与疲劳状态情况有关的脑电数据和心率数据进行综合分析,得到疲劳状态的综合判定指标,由此确定的疲劳状态数据具有更高的准确性。

[0053] 具体的,步骤S103可以包括:

[0054] 步骤S1031:以所述管制员的疲劳状态的集合为识别框架,以所述脑电数据和心率数据作为证据,以获取管制员的疲劳状态检测结果为事件,分别计算每个所述事件对于各个所述证据的初始可信度。

[0055] 本步骤S1031,具体可以采用以下公式计算每个所述事件对于各个所述证据的初始可信度,

$$[0056] \quad a'_k(A_i) = 1 - \frac{|a_{k,i} - a_{k,max}|}{a_{k,max}}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

[0057] 式中, $a'_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的初始可信度, $a_{k,i}$ 表示第*k*个证据对应第*i*个事件的取值, $a_{k,max}$ 表示第*k*个证据的最大可接受值,*n*表示事件的数量,*m*表示证据的数量。

[0058] 步骤S1032:对每个所述证据,将所述证据对应的所有所述初始可信度进行归一化处理,获得归一化后的基本可信度;

[0059] 本步骤S1032,具体可以采用以下公式将所述证据对应的所有所述初始可信度进行归一化处理,获得归一化后的基本可信度,

$$[0060] \quad a_k(A_i) = a'_k(A_i) / \sqrt{\sum_{j=1}^n a'_k(A_j)^2}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

[0061] 式中, $a_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的基本可信度, $a'_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的初始可信度,*n*表示事件的数量,*m*表示证据的数量。

[0062] 步骤S1033:对每个所述事件,将所述事件对应的所述基本可信度进行融合,获得每个所述事件的融合可信度;

[0063] 本步骤S1033,具体可以采用以下公式将所述事件对应的所述基本可信度进行融合,获得每个所述事件的融合可信度,

$$[0064] \quad a(A_i) = \frac{\prod_{1 \leq k \leq m} a_k(A_i)}{1 - K}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq m$$

$$[0065] \quad \text{其中, } K = \sum_{\substack{\cap B_i = \emptyset \\ 1 \leq i \leq m}} \prod_{1 \leq i \leq m} a_i(B_i), B_i \in \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$$

[0066] 式中, $a(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对应的融合可信度, $\prod$ 表示求直积, $a_k(A_i)$ 表示第*i*个事件 A_i 对于第*k*个证据的基本可信度。

[0067] 步骤S1034:选择融合可信度最大的事件对应的疲劳状态作为所述管制员的疲劳状态检测结果。

[0068] 或者,本发明实施例也可以基于疲劳状态模型的方式来获取疲劳状态数据,此时,步骤S103可以为:将所述处理后的脑电数据和心率数据分别与状态库中该管制员的脑电数据和心率数据进行匹配,应用疲劳状态模型,获取该管制员的疲劳状态数据;所述状态库中预先存储该管制员在不同疲劳状态下的脑电数据和心率数据;疲劳状态模型可以为基于多重回归的疲劳状态模型、基于聚类分析的疲劳状态模型或者基于主成分分析的疲劳状态模型。这样做的好处是,可以根据疲劳状态模型相应的算法的计算效率、运算时间、所耗费内存等性能择优而用,也可以结合几种算法给出的结果,对管制员的疲劳状态做出综合评价。

[0069] 应用基于多重回归的疲劳状态模型,获取管制员的疲劳状态数据,其过程如下:根据处理后的脑电数据和心率数据,对其进行检测分析,得到管制员疲劳指标检测数据;参照预先存储的包括脑电数据各指标和心率数据的该管制员疲劳指标检测数据样本,分别建立多重线性回归模型和多重非线性回归模型,将管制员疲劳指标检测数据进行标准化转换后带入模型,得到当前的管制员疲劳指标集结指数,则与该管制员疲劳指标集结指数相应的管制员疲劳状态即为该管制员的当前疲劳状态数据。每个管制员疲劳指标检测数据样本中包括该管制员的脑电数据中各指标样本和心率数据样本的多重线性回归模型信息和多重非线性回归模型信息,以及与多重线性回归模型信息和多重非线性回归模型信息对应的疲劳状态数据。

[0070] 应用基于聚类分析的疲劳状态模型,获取管制员的疲劳状态数据,其过程如下:根据处理后的脑电数据和心率数据,对其进行检测分析,得到管制员疲劳指标检测数据;参照预先存储的包括脑电数据各指标和心率数据的该管制员的疲劳指标检测数据样本,利用聚类分析法构建其工作状态档案,对管制员疲劳指标检测数据进行分类综合检测,则与该分类综合检测结果相应的疲劳状态数据即为该管制员的当前疲劳状态数据。每个管制员疲劳指标检测数据样本中包括该管制员的脑电数据中各指标样本和心率数据样本的聚类分析信息,以及与聚类分析信息对应的疲劳状态数据。

[0071] 应用基于主成分分析的疲劳状态模型,获取管制员的疲劳状态数据,其过程如下:根据处理后的脑电数据和心率数据,对其进行检测分析,得到管制员疲劳指标检测数据;参照预先存储的包括脑电数据各指标和心率数据的该管制员的疲劳指标检测数据样本,利用管制员疲劳指标检测数据进行主成分分析,确定主成分后,计算当前时刻管制员疲劳度指数,则与该管制员疲劳度指数相应的疲劳状态数据即为该管制员的当前疲劳状态数据。每个管制员疲劳指标检测数据样本中包括该管制员的脑电数据中各指标样本和心率数据样本的疲劳度指数,以及与疲劳度指数对应的疲劳状态数据。

[0072] 在上述的具体实施例一中,提供了一种管制员疲劳检测方法,与之相对应的,本申请还提供一种管制员疲劳检测装置。由于装置实施例基本相似于方法实施例,所以描述得比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。下述描述的装置实施例仅仅是示意性的。

[0073] 具体实施例二

[0074] 本发明实施例提供了一种管制员疲劳响应方法,包括:

[0075] 根据具体实施例一中任意实施例提供的方法,获取管制员的疲劳状态数据;

[0076] 根据管制员的疲劳状态数据,控制外围设备做出响应。

[0077] 本发明实施例在获取管制员的疲劳状态后,可以控制外围设备做出响应,例如可以在管制员疲劳状态较轻时为管制员驱动提供按摩服务,帮助管制员舒缓疲劳;也可以在管制员疲劳状态过重时启动灯光示警或者声音示警,以此来刺激管制员保持清醒。本发明对应不同疲劳状态,驱动相应设备为管制员提供相应服务,在保障空中交通管制安全的同时,体现了对管制员的人文关怀。

[0078] 本发明实施例对外围设备的选用和所选用外围设备的响应方式不做限定,优选的,外围设备可以包括座椅按摩器、管制员报警器和远程报警器中的一种或多种。例如系统中预先将管制员工作状态分类为:正常工作、轻度疲劳、重度疲劳、睡眠等,并为每一种工作

状态匹配相应的外围设备响应方案,例如,设置座椅按摩器为工作状态为轻度疲劳的管制员提供按摩服务,以缓解疲劳;设置管制员报警器为工作状态为重度疲劳的管制员提供本地报警,督促其保持良好的工作状态;设置远程报警器,在管制员进入睡眠状态时向空管系统发出示警,提醒空管系统采取应有的响应,如更换管制员排班等,以保障空中交通管制安全。

[0079] 基于疲劳状态数据驱动的按摩椅可以包括以下功能部件:脑电检测分析接口电路;电磁阀驱动电路;按摩座椅单片机主控电路、按摩电机、气阀。

[0080] 优选的,所述根据具体实施例一中任意实施例提供的方法,获取管制员的疲劳状态数据;根据管制员的疲劳状态数据,控制外围设备做出响应的步骤,可以具体为:根据具体实施例一中基于D-S证据理论的方法,获取该管制员的疲劳状态数据;根据脑电数据和心率数据融合后得到的脑电数据的基本可信度、心率数据的基本可信度,选择若干个样本驱动舒缓装置进行舒缓处理。

[0081] 具体实施例三

[0082] 如图2所示,本发明实施例提供了一种管制员疲劳检测装置,包括:

[0083] 原始数据采集模块201,用于实时采集管制员的原始脑电波数据和原始心率数据;

[0084] 原始数据处理模块202,用于分别对原始脑电数据和原始心率数据进行处理,得到处理后的脑电数据和心率数据;

[0085] 疲劳数据获取模块203,用于根据所述处理后的脑电数据和心率数据,获取该管制员的疲劳状态数据。

[0086] 本发明实施例可以根据实时检测到的脑电数据和心率数据评估出该管制员的当前疲劳状态,在实际应用中,空管系统可以根据本发明提供的管制员的疲劳状态做出相应安排,例如调换排班、增加管制员数量等,以保障空中交通管制安全。本发明实施例采用脑电数据和心率数据来反映管制员的疲劳状态,这是现有技术不曾披露过的;本发明实施例对脑电数据和心率数据的检测是实时进行的,因此给出的当前疲劳状态也是实时的;当前脑电数据和心率数据的检测技术已经成熟,因此本发明实施例给出的管制员的当前疲劳状态结果也是清晰可靠的;用于获取脑电数据和心率数据的相关智能穿戴设备近年来发展迅速,如心率手环等,其成本不断降低,因此本发明实施例也是极具发展前景和推广价值的。

[0087] 本发明实施例对原始脑电数据和原始心率数据的处理方式不做限定,优选的,所述原始数据处理模块202用于:分别对原始脑电数据和原始心率数据进行去噪处理,得到处理后的脑电数据和心率数据。这样做的好处是,防止噪音数据干扰疲劳状态的判定结果。

[0088] 在上述任意实施例的基础上,本发明实施例可以引入D-S证据理论来获取疲劳状态数据,优选的,所述疲劳数据获取模块203可以用于:针对每个管制员,将处理后的和预先采集的每一时间片段内的脑电数据和心率数据组合视为一组证据,由处理后的和预先采集的多组证据共同组成每个管制员的疲劳证据库;针对每一管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论设计证据合成规则,计算各组证据中所述脑电数据、所述心率数据提示疲劳程度的初始可信度;将所述脑电数据的初始可信度、所述心率数据的初始可信度进行归一化处理,获取所述脑电数据的基本可信度、所述心率数据的基本可信度;根据所述脑电数据及其基本可信度、所述心率数据及其基本可信度,利用证据合成规则获取该管制员的疲劳状态的融合可信度;根据该管制员的疲劳状态的融合可信度大小,获取该管制员的疲劳状态数据。该方法

预先获取每个管制员不同疲劳状态时的脑电数据和心率数据,再在工作时对管制员的脑电数据和心率数据进行实时检测,并与预先存储的该管制员的脑电数据和心率数据共同组成管制员疲劳证据库,基于D-S证据理论来检测管制员的疲劳状态。这样做的好处是,可以利用D-S证据理论的特性,对与疲劳状态情况有关的脑电数据和心率数据进行综合分析,得到疲劳状态的综合判定指标,由此确定的疲劳状态数据具有更高的准确性。

[0089] 本发明实施例也可以采用基于疲劳状态模型的方式来获取疲劳状态数据,优选的,疲劳数据获取模块203可以用于:将所述处理后的脑电数据和心率数据分别与状态库中该管制员的脑电数据和心率数据进行匹配,应用疲劳状态模型,获取该管制员的疲劳状态数据;所述状态库中预先存储该管制员在不同疲劳状态下的脑电数据和心率数据;疲劳状态模型可以为基于多重回归的疲劳状态模型、基于聚类分析的疲劳状态模型或者基于主成分分析的疲劳状态模型。这样做的好处是,可以根据疲劳状态模型相应的算法的计算效率、运算时间、所耗费内存等性能择优而用,也可以结合几种算法给出的结果,对管制员的疲劳状态做出综合评价。

[0090] 具体实施例四

[0091] 本发明实施例提供了一种管制员疲劳响应装置,包括:

[0092] 具体实施例三中任意实施例提供的管制员疲劳检测装置,用于获取管制员的疲劳状态数据;

[0093] 外围设备控制模块,用于根据管制员的疲劳状态,控制外围设备做出响应。

[0094] 本发明实施例在获取管制员的疲劳状态后,可以控制外围设备做出响应,例如可以在管制员疲劳状态较轻时为管制员驱动提供按摩服务,帮助管制员舒缓疲劳;也可以在管制员疲劳状态过重时启动灯光示警或者声音示警,以此来刺激管制员保持清醒。本发明对应不同疲劳状态,驱动相应设备为管制员提供相应服务,在保障空中交通管制安全的同时,体现了对管制员的人文关怀。

[0095] 本发明实施例对外围设备的选用不做限定,优选的,外围设备可以包括座椅按摩器、管制员报警器和远程报警器中的一种或多种。例如系统中预先将管制员工作状态分类为:正常工作、轻度疲劳、重度疲劳、睡眠等,并为每一种工作状态匹配相应的外围设备响应方案,例如,设置座椅按摩器为工作状态为轻度疲劳的管制员提供按摩服务,以缓解疲劳;设置管制员报警器为工作状态为重度疲劳的管制员提供本地报警,督促其保持良好的工作状态;设置远程报警器,在管制员进入睡眠状态时向空管系统发出示警,提醒空管系统采取应有的响应,如更换管制员排班等,以保障空中交通管制安全。

[0096] 基于疲劳状态数据驱动的按摩椅可以包括以下功能部件:脑电检测分析接口电路;电磁阀驱动电路;按摩座椅单片机主控电路、按摩电机、气阀。

[0097] 优选的,所述管制员疲劳响应装置可以包括:具体实施例三中基于D-S证据理论的管制员疲劳检测装置,用于获取管制员的疲劳状态数据;外围设备控制模块,用于根据脑电数据和心率数据融合后得到的脑电数据的基本可信度、心率数据的基本可信度,选择若干个样本驱动舒缓装置进行舒缓处理。

[0098] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。尽管本发明已进行了一定程度的描述,明显地,在不脱离本发明的精神和范围的条件下,可进行各个条件的适当变化。可以理解,本发明不限于所述实施方案,而归于权利要

求的范围,其包括所述每个因素的等同替换。

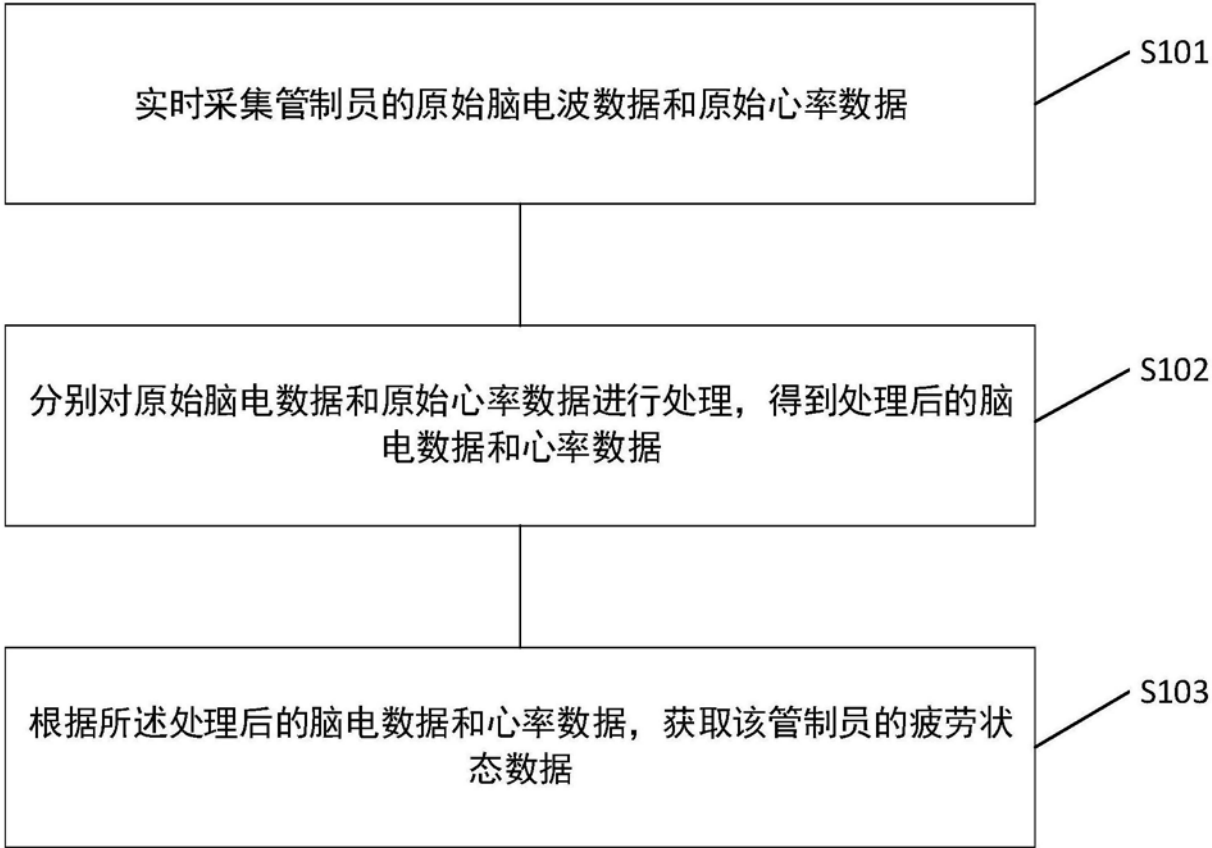


图1



图2

专利名称(译)	管制员疲劳检测方法及装置、管制员疲劳响应方法及装置		
公开(公告)号	CN106580349B	公开(公告)日	2020-01-21
申请号	CN201611116329.X	申请日	2016-12-07
[标]申请(专利权)人(译)	中国民用航空总局第二研究所		
申请(专利权)人(译)	中国民用航空总局第二研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国民用航空总局第二研究所		
[标]发明人	张建平 罗启铭 邹翔 陈甫 张继明		
发明人	张建平 罗启铭 邹翔 陈甫 张继明		
IPC分类号	A61B5/16 A61B5/00 A61B5/0476 A61B5/024		
CPC分类号	A61B5/024 A61B5/0476 A61B5/16 A61B5/7246 A61B5/74 A61B5/7465		
代理人(译)	任媛		
其他公开文献	CN106580349A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种管制员疲劳检测方法及装置，该方法预先获取每个管制员不同疲劳状态时的脑电数据和心率数据，再在工作时对管制员的脑电数据和心率数据进行实时检测，并与预先存储的该管制员的脑电数据和心率数据进行匹配，用来评估该管制员的疲劳状态数据，或者根据处理后的脑电数据和心率数据，与预先存储的该管制员的脑电数据和心率数据共同组成疲劳证据库，基于D-S证据理论来获取管制员的疲劳状态数据；空管系统根据管制员的疲劳状态做出相应安排保障空中交通管制安全。本发明还提供了一种管制员疲劳响应方法及装置，对应不同疲劳状态，驱动相应设备做出响应，保障空中交通管制安全。

