(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111227851 A
(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 201811439235.5

(22)申请日 2018.11.29

(71)申请人 天津职业技术师范大学
地址 300222 天津市津南区大沽南路1310号

(72)发明人 车艳秋 韩春晓 秦迎梅 杨米红 沈家沛

(74)专利代理机构 天津创智天诚知识产权代理事务所(普通合伙) 12214
代理人 李薇 田阳

(51)Int.Cl.
A61B 5/18(2006.01)
A61B 5/0476(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)

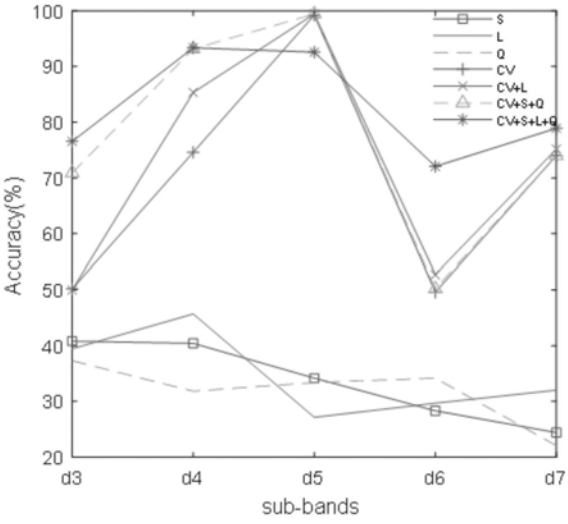
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构及检测方法和应用

(57)摘要

本发明公开了一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构及检测方法,所述检测机构包括装配在驾驶室内的脑电信号采集器、脑电放大器和数据处理终端,所述检测方法包括以下步骤:步骤1,脑电信号采集器采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号;步骤2,将所述脑电信号传递给所述数据处理终端,利用离散小波变换将所述脑电信号分解成7层子频带,提取d5(7.9-15.7Hz)子频带的特征,所述特征为振幅对数、四分位数和变异系数;利用PO4的CV+S或CV+L或CV+Q或CV+S+Q或CV+L+Q特征判定驾驶员的警觉度。或者利用PO4和PO5的CV或组合特征CV+L或组合特征CV+Q特征判定驾驶员的警觉度。



CN 111227851 A

1.一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构,其特征在于,包括装配在驾驶室内的脑电信号采集器、脑电放大器和数据处理终端,所述脑电信号采集器与所述脑电放大器通讯连接,所述脑电放大器与数据处理终端通讯连接,其中,所述脑电信号采集器佩戴于驾驶员头部用于采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号,所述脑电信号放大器通过固定部件固定于驾驶位的背部,所述数据处理终端装配在驾驶室和副驾驶室之间用于显示警觉度信息。

2.如权利要求1所述的驾驶员警觉度检测机构,其特征在于,所述电信号采集器包括固定带和两个电极,两个电极分别用于采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号。

3.如权利要求1所述的驾驶员警觉度检测机构,其特征在于,所述固定部件包括固定在所述脑电放大器上下两侧的纵向固定带和固定在所述脑电放大器左右两侧的横向固定带,所述纵向固定带和横向固定带的端部均固定有粘扣。

4.如权利要求1所述的驾驶员警觉度检测机构,其特征在于,所述脑电信号采集器和脑电放大器的型号为ANT eego。

5.如权利要求1所述的驾驶员警觉度检测机构,其特征在于,所述数据处理终端为Windows平台的平板电脑。

6.如权利要求1-5中任一项所述的驾驶员警觉度检测机构的检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,数据处理终端接收脑电信号采集器采集来的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号;

步骤2,在所述数据处理终端中,利用离散小波变换将所述脑电信号分解成以下子频带,分别为d1(125-250Hz),d2(62.5-125.0Hz),d3(31.3-62.5Hz),d4(15.7-31.3Hz),d5(7.9-15.7Hz),d6(4.0-7.9Hz),d7(2.0-4.0Hz)以及a7(0-2.0Hz),并对{d3,d4,d5,d6,d7}进行进一步的分析;

步骤3,提取d5子频带的特征,所述特征为标准偏差、振幅对数、四分位数和变异系数;

其中:

标准偏差的计算公式可以表示为:

$$S := \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(s_i - \mu)}$$

振幅对数的计算公式可表示为:

L:=log(max(s)-min(s)+1)

四分位数的计算公式可表示为:

$$Q := \frac{Q_3(s) - Q_1(s)}{\max(s) - \min(s)}$$

变异系数的计算公式可表示为:

$$CV := \frac{\sigma}{\mu};$$

其中:其中s和s_i表示脑电信号的,σ代表脑电信号的标准偏差,Q_1和Q_3分别代表脑电信号进行四分之一位数和四分之三位数,μ代表脑电信号的均值;

步骤4，利用支持向量机分类器对PO5和/或PO4两个通道的特征进行判定，得到驾驶员的警觉度。

7.如权利要求6所述的检测方法，其特征在于，所述步骤4中利用PO5通道的CV+S或CV+L或CV+Q或CV+S+L或CV+S+Q特征判定驾驶员的警觉度。

8.如权利要求6所述的检测方法，其特征在于，所述步骤4中利用PO4和PO5通道的CV或组合特征CV+L或组合特征CV+Q特征判定驾驶员的警觉度。

9.如权利要求7所述的检测方法在驾驶员警觉度判断上的应用，其特征在于，利用支持向量机的交叉验证，所述检测方法的判断准确率高于99.4％。

10.如权利要求8所述的检测方法在驾驶员警觉度判断上的应用，其特征在于，利用支持向量机的交叉验证，所述检测方法的判断准确率高于99.6％。

基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构及检测方法和应用

技术领域

[0001] 本发明涉及警觉度检测技术领域,特别是涉及一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构及检测方法和应用。

背景技术

[0002] 道路交通事故是多年来困扰世界各国的社会共性问题。近年来,我国人均汽车保有量大幅度增加,非职业驾驶员数越来越多,交通事故频发,国家和社会深受其害。影响交通安全的因素很多,其中驾驶员低警觉性驾驶行为是引发交通事故的重要原因之一。驾驶警觉度是指长时间驾驶车辆时驾驶员对外界刺激保持注意力或警惕性水平。驾驶员警觉状态下降代表着持续驾驶过久,导致面临突发问题的时候未能实现理想的应激反应能力。因此,驾驶员警觉度研究的深入有助于提高驾驶员安全警惕问题,实现驾驶员安全驾驶的目的。

[0003] 早在20世纪50年代人们就已经开始研究警觉度了。现在警觉度的检测主要分为两种,主观检测法和客观检测法。主观检测法通常作为警觉度检测的辅助手段应用于实验中,如卡罗林斯卡嗜睡量表(Karolinska Sleepiness Scale,KSS)。客观检测法主要包括基于表情特征、生理信号和行为特征三种,运用最多的是基于生理信号处理方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术中存在的技术缺陷,而提供一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构,该检测机构设置在驾驶室内,可对驾驶人员的警觉度进行实时监控。

[0005] 本发明的另一方面是提供一种该检测机构的检测方法,利用DWT和SVM分类器相结合的方式,对警觉度进行判定。

[0006] 本发明的另一方面是提供一种该检测方法的应用,利用该检测方法进行警觉度评断时,准确率可高达99%以上。

[0007] 为实现本发明的目的所采用的技术方案是:

[0008] 一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构,包括装配在驾驶室内的脑电信号采集器、脑电放大器和数据处理终端,所述脑电信号采集器与所述脑电放大器通讯连接,所述脑电放大器与数据处理终端通讯连接,其中,所述脑电信号采集器佩戴于驾驶员头部用于采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号,所述脑电信号放大器通过固定部件固定于驾驶位的背部,所述数据处理终端装配在驾驶室和副驾驶室之间用于显示警觉度信息。

[0009] 在上述技术方案中,所述电信号采集器包括固定带和两个电极,两个电极分别用于采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号。

[0010] 在上述技术方案中,所述固定部件包括固定在所述脑电放大器上下两侧的纵向固定带和固定在所述脑电放大器左右两侧的横向固定带,所述纵向固定带和横向固定带的端部均固定有粘扣。

[0011] 在上述技术方案中,所述脑电信号采集器和脑电放大器的型号为ANT eego。

[0012] 在上述技术方案中,所述数据处理终端为Windows平台的平板电脑。

[0013] 本发明的另一方面,所述的驾驶员警觉度检测机构的检测方法,包括以下步骤:

[0014] 步骤1,数据处理终端接收脑电信号采集器采集来的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号;

[0015] 步骤2,在所述数据处理终端中,利用离散小波变换将所述脑电信号分解成以下子频带,分别为d1(125-250Hz),d2(62.5-125.0Hz),d3(31.3-62.5Hz),d4(15.7-31.3Hz),d5(7.9-15.7Hz),d6(4.0-7.9Hz),d7(2.0-4.0Hz)以及a7(0-2.0Hz),并对{d3,d4,d5,d6,d7}进行进一步的分析;

[0016] 步骤3,提取d5子频带的特征,所述特征为标准偏差、振幅对数、四分位数和变异系数;

[0017] 其中:

[0018] 标准偏差的计算公式可以表示为:

[0019] $$S := \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(s_i - \mu)}$$

[0020] 振幅对数的计算公式可表示为:

[0021] L:=log(max(s)-min(s)+1)

[0022] 四分位数的计算公式可表示为:

[0023] $$Q := \frac{Q_3(s) - Q_1(s)}{\max(s) - \min(s)}$$

[0024] 变异系数的计算公式可表示为:

[0025] $$CV := \frac{\sigma}{\mu};$$

[0026] 其中:其中s和s_i表示脑电信号的,σ代表脑电信号的标准偏差,Q_1和Q_3分别代表脑电信号进行四分之一位数和四分之三位数,μ代表脑电信号的均值;

[0027] 步骤4,利用支持向量机分类器对PO5和/或PO4两个通道的特征进行判定,得到驾驶员的警觉度。

[0028] 在上述技术方案中,所述步骤4中利用PO5通道的CV+S或CV+L或CV+Q或CV+S+L或CV+S+Q特征判定驾驶员的警觉度。

[0029] 在上述技术方案中,所述步骤4中利用PO4和PO5通道的CV或组合特征CV+L或组合特征CV+Q特征判定驾驶员的警觉度。

[0030] 本发明的另一方面,所述的检测方法在驾驶员警觉度判断上的应用,利用支持向量机的交叉验证,所述检测方法的判断准确率高于99.4%。

[0031] 在上述技术方案中,利用支持向量机的交叉验证,所述检测方法的判断准确率高于99.6%。

[0032] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0033] 1.采用SVM分类器实现了驾驶过程中被试警觉度状态的检测。

[0034] 2.首先通过DWT将EEG信号分解为不同的子频带,提取出原始信号和分解的子频带信号中的4个特征,分别为标准偏差、振幅对数、四分位数和变异系数。然后将这些特征及组

合特征带入到SVM分类器中，通过计算不同特征分类结果的准确率来实现对分类器性能的评估。

[0035] 3.采用d_5子频段信号进行分类时，通道PO4的特征CV在SVM分类器得到的分类效果较好；在特征组合为CV+S、CV+L、CV+Q、CV+S+L或CV+L+Q时，通道PO4在SVM分类器得到的分类准确率有小幅提高。同时，采用d_5子频段信号进行分类通道PO4和PO5的d_5子频段脑电信号在特征CV及组合特征CV+L或CV+Q时，在SVM分类器得到的分类效果最好，达到99.61％，可以准确识别出警觉、半警觉、疲劳和睡眠状态的脑电信号，提高了检测系统的高效性和实用性。

附图说明

[0036] 图1所示为10通道位置图。

[0037] 图2所示为脑电放大器的固定部件。

[0038] 图3所示为模拟驾驶平台截图。

[0039] 图4是实施例3的实验流程图。

[0040] 图5所示为实验采集数据(a)和脑电数据(b)对应的行车轨迹偏差。

[0041] 图6所示为警觉(a)、半警觉(b)、疲劳(c)和睡眠(d)的原始脑电信号和各个频率的子频带信号。

[0042] 图7所示为10个通道特征CV的分类准确率柱状图。

[0043] 图8所示为部分特征信号组合下的分类正确率。

[0044] 图中：1-脑电放大器，2-纵向固定带，3-横向固定带，4-粘扣。

具体实施方式

[0045] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0046] 实施例1

[0047] 一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构，包括装配在驾驶室内的脑电信号采集器、脑电放大器和数据处理终端，所述脑电信号采集器与所述脑电放大器通讯连接，所述脑电放大器与数据处理终端通讯连接，其中，所述脑电信号采集器佩戴于驾驶员头部用于采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号，所述脑电信号放大器通过固定部件固定于驾驶位的背部，所述数据处理终端装配在驾驶室和副驾驶室之间用于显示警觉度信息。

[0048] 驾驶员驾驶车辆时，将脑电信号采集器佩戴在头部，脑电信号采集器采集PO4通道和PO5通道的脑电信号(在实际生产应用中，可将脑电信号采集器简化为两个干电极，两个干电极分别采集PO4通道和PO5通道两个位置的信号)，国际标准中各通道对应的人体头部位置图如图1所示，脑电信号放大器对该脑电信号进行放大后，送到数据处理终端进行处理，数据处理终端进行处理，并显示“警觉”“半警觉”、“疲劳”三种状态，对驾驶员的警觉度进行评判，驾驶员可根据提示信息，适当休息后再继续驾驶。脑电信号放大器固定于驾驶位的背部，安装方便，且不影响使用者开关放大器及观察脑电放大器的数据和电量情况。

[0049] 作为优选方式，如图2所示，所述固定部件包括固定在所述脑电放大器上下两侧的纵向固定带和固定在所述脑电放大器左右两侧的横向固定带，所述纵向固定带和横向固定带的端部均固定有粘扣。利用井字形的结构对脑电信号放大器进行固定，固定牢稳性高，可

减少车辆颠簸对脑电信号放大器的影响。

[0050] 作为优选方式,所述脑电信号采集器和脑电放大器的型号为ANT eego,脑电信号采集器和脑电放大器采用无线通讯连接。

[0051] 作为优选方式,所述数据处理终端为Windows平台的平板电脑。

[0052] 实施例2

[0053] 实施例1中所述驾驶员警觉度检测机构的检测方法,包括以下步骤:

[0054] 步骤1,脑电信号采集器采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号;

[0055] 步骤2,将所述脑电信号传递给所述数据处理终端,在所述数据处理终端中,利用离散小波变换将所述脑电信号分解成7层子频带,分别为d1(125-250Hz),d2(62.5-125.0Hz),d3(31.3-62.5Hz),d4(15.7-31.3Hz),d5(7.9-15.7Hz),d6(4.0-7.9Hz),d7(2.0-4.0Hz)以及a7(0-2.0Hz),并对{d3,d4,d5,d6,d7}进行进一步的分析。

[0056] 步骤3,提取d_5子频带的特征,所述特征为振幅对数、四分位数和变异系数;

[0057] 其中:

[0058] 振幅对数的计算公式可表示为:

[0059] L:=log(max(s)-min(s)+1)

[0060] 四分位数的计算公式可表示为:

[0061] $$Q := \frac{Q_3(s) - Q_1(s)}{\max(s) - \min(s)}$$

[0062] 变异系数的计算公式可表示为:

[0063] $$CV := \frac{\sigma}{\mu}$$

[0064] 步骤4,利用PO4的CV+S或CV+L或CV+Q或CV+S+Q或CV+L+Q特征判定驾驶员的警觉度。或者利用PO4和PO5的CV或组合特征CV+L或组合特征CV+Q特征判定驾驶员的警觉度。

[0065] 实施例3

[0066] 本实施例对实施例2进行进一步的说明。

[0067] (1)利用Unity3D软件搭建模拟汽车驾驶平台,驾驶场景景观单调,道路两旁没有任何指示标志,模拟驾驶平台如图3所示。为了模拟真实的驾驶环境,驾驶过程中汽车会不定时出现向左或向右的偏移事件,被试人员在汽车开始偏移后尽可能快速地通过方向盘调整汽车的行驶方向,使汽车行驶在当前方向的左侧车道。

[0068] 在模拟驾驶过程中,由Neuroscan脑电系统进行连续采集了被试人员在额区和枕区附近10个通道的脑电信号,按照10-20国际电极导联系统定位标准确定所选取的10导联的电极位置,其位置如图1所示。

[0069] 在正式实验前,被试无饮食烟、酒等刺激性食物以及精神类药物,充分了解实验要求及模拟驾驶平台的操作步骤,并根据赫尔辛基的声明签署书面的实验知情同意书。本实验第一部分用MATLAB(2012a)软件对脑电信号降采样处理到250Hz,根据行车轨迹偏差,分别提取600s的警觉、半警觉和疲劳状态脑电信号,将脑电信号分为警觉、半警觉和疲劳三种警觉状态,第二部分同样提取600s睡眠时的脑电信号。图5为通道PO4不同警觉度状态的原始脑电信号(a)及第一部分对应的行车轨迹偏差(b),轨迹偏差均值<0.5m对应的脑电信号为警觉状态,轨迹偏差均值>0.5m且<1m对应的脑电信号为半警觉状态,轨迹偏差均值>1m对

应的脑电信号为困顿状态。

[0070] (2)离散小波变换(DWT)可以准确地从时域和频域中的信号中揭示更多细节,使其成为生物医学工程中特别是警觉度检测中的一个强大工具。本实验采用DWT分解不同频段的脑电信号,DWT可以定义如下:

[0071] $$DWT(j,k)=\int_{-\infty}^{+\infty}x(t)\frac{1}{\sqrt{|2^j|}}\left(\frac{t-2^jk}{2^j}\right)dt$$

[0072] 其中j、k分别代表频率分辨率和时间平移量,采用MATLAB2012a的wavedec算法,对脑电信号进行7层分解,即:

[0073] $$x(t)=A_L+\sum_{j=1}^{L}D_j$$

[0074] 式中,L为分解层数,A_L为低通逼近分量,D_j为不同尺度下的细节分量。

[0075] 在DWT中,适当的小波函数和分解水平的设置对于进一步的过程非常重要。本文利用DWT分配db4小波将脑电信号分解为7个级别,进行7层小波分解和重构,子频率分别为d1(125.0-250Hz),d2(62.5-125.0Hz),d3(31.3-62.5Hz),d4(15.7-31.3Hz),d5(7.9-15.7Hz),d6(4.0-7.9Hz),d7(2.0-4.0Hz)以及a7(0-2.0Hz),其中,125.Hz属于d1,62.5Hz属于d2,31.3Hz属于d3,15.7Hz属于d4,7.9Hz属于d5,4.0Hz属于d6,2.0Hz属于d7,d1和d2子频带信号主要反映脑电信号的高频信息,如肌肉收缩和环境噪声的影响。根据对警觉度的研究结果,警觉度状态的明显变化主要出现在1-40Hz的频率处,因此选择对子频带信号{d3,d4,d5,d6,d7}进行进一步的分析。被试警觉、半警觉和疲劳状态的原始脑电信号和各个频率的子频带信号如图6所示。

[0076] (3)提取有效的特征是驾驶员警觉度分类准确的关键。实验分别通过MATLAB(2012a)软件对原始脑电信号和经由离散小波变换得到的子频带信号进行特征提取,所选的特征为标准偏差、振幅对数、四分位数和变异系数四种。其中,标准偏差的计算公式可以表示为:

[0077] $$S:=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(s_i-\mu)}$$

[0078] 振幅对数的计算公式可表示为:

[0079] L:=log(max(s)-min(s)+1)

[0080] 四分位数的计算公式可表示为:

[0081] $$Q:=\frac{Q_3(s)-Q_1(s)}{\max(s)-\min(s)}$$

[0082] 变异系数的计算公式可表示为:

[0083] $$CV:=\frac{\sigma}{\mu}$$

[0084] 其中si和s代表矩阵中的某一个脑电信号,σ代表脑电信号的标准偏差,Q_1和Q_3分别代表脑电信号进行四分之一位数和四分之三位数,μ代表脑电信号的均值。为了消除不同特征之间的量纲影响,实验采用线性归一化法对四个特征进行归一化处理。

[0085] (4)根据提取好的脑电信号特征,采用支持向量机(SVM)分类器分别对测试数据和训练数据进行警觉度的分类。

[0086] 选择支持向量机进行分类,支持向量机的最终目的就是找到一个能够对两类样本进行正确分类的最优分类面,且不同样本距分类面距离越大,分类效果越好。OAO(one-Agains-one decomposition)方法扩展了SVM在多类分类问题中的使用,该算法在每两类样本间训练一个分类器,对于K分类问题,有$\frac{K\times(K-1)}{2}$个分类器。用测试样本进行分类检测时,每个分类器都对其进行判断,并将识别出的诊断结果保存,最后统计分类结果最多的标签,即为分类结果。SVM的结构设计由以下两点组成:

[0087] (1)数据规范化用于管理类之间允许的重叠量。

[0088] (2)对于线性不可分的数据,需要核函数对数据进行处理,在低维空间线性不可分的训练数据,通过非线性映射到高维空间,使得数据在高维空间线性可分,从而在高维空间找出最优分类面。满足Mercer条件的核函数就可以实现非线性转换。核函数有多种形式,常用的包括径向基函数、多项式函数和Sigmoid函数等。核函数的差异会构成不同的支持向量机,本实验选取的核函数是径向基函数。

[0089] 交叉验证的基本思想是随机将数据分为训练样本和测试样本两个分区,首先对用训练样本对分类器进行训练,再利用测试样本来测试训练得到的模型,以此作为评价分类器的性能指标。此种方法的好处的处理简单,只需随机把原始数据分为两组即可。通过多次重复,使用随机选择的训练和测试集,可以使保持方法更可靠。

[0090] (5)实验结果与分析

[0091] 实验中脑电信号被分为四种不同的状态:警觉、半警觉、疲劳和睡眠状态。构造SVM分类器时,随机选择原数据集的60%作为训练样本,40%作为测试样本。首先,将训练样本的不同警觉度状态分别进行标签,然后用MATLAB(2012a)软件的multisvm算法对训练样本构建SVM分类器,最后把测试样本放入构建好的分类器得到分类结果。SVM分类器的性能通过分类准确率进行判定。将不同信号的四种特征向量分别带入SVM分类器中进行比较,导联PO4的不同警觉度时的分类准确率如表1所示。

[0092] 分类正确率=分类正确数量/测试样本数量

[0093] 表1通道PO4时d_3-d_7子频带不同特征在SVM的分类准确率(CA(%))

[0094]

	d3	d4	d5	d6	d7
S	40.82	40.43	34.18	28.32	24.41
L	39.45	45.70	27.15	29.69	32.03
Q	37.30	31.84	33.40	34.18	22.07
CV	50.20	74.61	**99.22**	49.61	74.02

[0095] 注:加粗显示的为准确率>99%子频带

[0096] 根据表1比较不同子频带信号的分类结果,可知采用d_5子频段进行分类时,以CV作为特征时得到的分类准确率较高,可达到99%以上。采用其它子频带进行分类时分类准确率整体较低,其中CV作为特征得到的分类准确率较高。对其它通道做相同处理,结果一致,由于篇幅原因,这里不在详细叙述。因此实验主要研究特征CV在SVM分类器的分类准确率,10个通道在不同子频带的特征CV分类准确率柱状图如图7所示。

[0097] 由图6可知,选择CV作为特征时,通道PO4和O1在d_5子频段的分类准确率较高,通道

Oz在d_7子频段的分类准确率较高，其它通道的子频段分类准确率较低。由于d_7子频段频率过低及d_5子频段时通道PO4的分类准确率最高，因此之后的实验主要分析通道PO4在不同组合特征时的分类准确率。

[0098] 特征CV与单个特征向量组合得到的特征组合为CV+S、CV+L或CV+Q，(在此和下文中，“+”号表示“并”)特征CV与两个特征向量组合得到的特征组合为CV+S+L、CV+S+Q或CV+L+Q，特征CV与3个特征向量组合得到的特征组合为CV+S+L+Q。将不同信号的不同特征组合分别带入到SVM分类器中进行比较，得到的分类准确率如表2所示。图8为d5子频段信号在部分不同特征下的分类准确率。

[0099] 表2通道PO4不同特征在SVM分类器的分类准确率(CA(%))

[0100]

	d3	d4	d5	d6	d7
CV + S	62.30	93.36	**99.41**	50.00	74.02
CV + L	50.00	85.35	**99.41**	52.73	75.20
CV + Q	60.16	91.02	**99.41**	50.00	74.02
CV + S + L	61.52	94.34	92.97	61.91	75.98
CV + S + Q	70.90	93.16	**99.41**	50.20	74.02
CV + L + Q	62.70	91.41	**99.41**	58.98	75.98
CV + S + L + Q	76.56	93.36	92.58	72.07	78.91

[0101] 注：加粗显示的为准确率>99％子频带

[0102] 结合表1和表2比较不同子频段信号的分类结果，可知采用d5子频段信号进行分类时，选择CV+S、CV+L、CV+Q、CV+S+Q或CV+L+Q作为特征，得到的分类准确率比选择CV作为特征时高；选择CV+S+L或CV+S+L+Q作为特征向量时，得到的分类准确率比选择CV作为特征时低。由图7可得出，单个特征S、L和Q的分类准确率较差，组合特征得到的分类准确率与单个特征S、L和Q的分类准确率相比明显提高，采用d_5子频带信号进行分类时分类准确率较高。

[0103] 选择d5子频段信号进行分类，将通道PO4与其余每个通道分别进行组合用SVM分类器进行训练，可得到特征向量CV与组合特征的分类准确率，如表3所示。由表可知，采用d_5子频段信号进行分类时，通道PO4与其它通道在特征CV和组合特征的分类准确率整体很高，大部分在98％以上。其中通道PO5和PO4在特征CV及组合特征CV+L或CV+Q的分类准确率进一步上升，达到99.61％。

[0104] 表3通道PO4与各个通道不同特征在SVM的分类准确率(CA(%)

[0105]

	CV	*CV + S*	*CV + L*	*CV + Q*	*CV + S + L*	*CV + S + Q*	*CV + L + Q*	*CV + S + L + Q*
(并)FO1-PO4	98.05	98.05	98.05	98.24	98.44	98.44	98.24	98.44
PO5-PO4	**99.61**	88.48	**99.61**	**99.61**	89.84	89.45	86.52	89.84
PO3-PO4	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63
POz-PO4	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63
PO6-PO4	98.83	98.83	98.83	98.83	98.83	98.83	98.83	98.83
O1-PO4	95.90	89.65	95.31	92.77	91.02	90.63	92.19	91.60
Oz-PO4	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63	98.63
O2-PO4	98.05	98.24	98.05	98.05	98.24	98.05	98.05	98.05
FP2-PO4	96.68	96.68	96.88	97.46	97.66	97.66	96.68	97.85

[0106] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出的是，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰

也应视为本发明的保护范围。

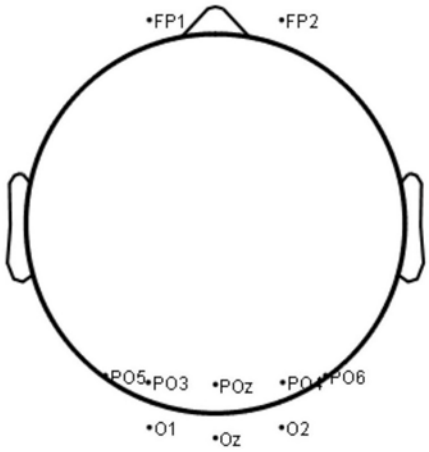


图1

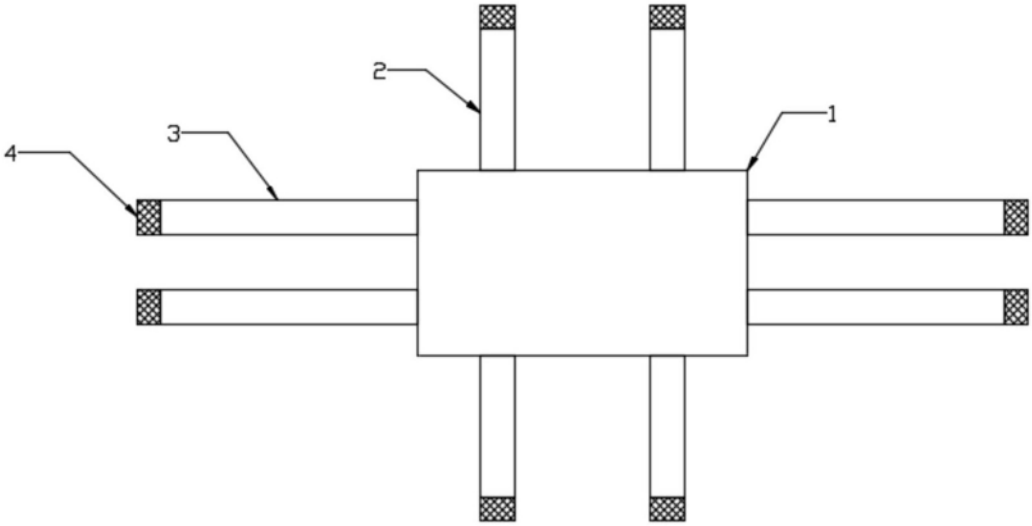


图2

left lane of
the driving direction

图3

脑电信号
DWT分解信号
特征提取
SVM分类器
分类结果

图4

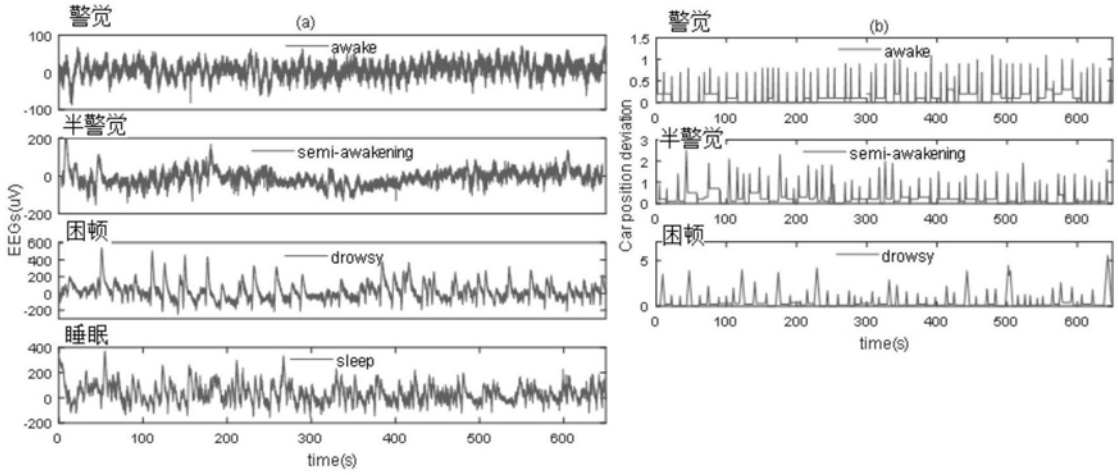

警觉
(a)
awake
半警觉
semi-awakening
困顿
drowsy
睡眠
sleep
EEGs(uV)
time(s)
警觉
(b)
awake
半警觉
semi-awakening
困顿
drowsy
Car position deviation
time(s)

图5

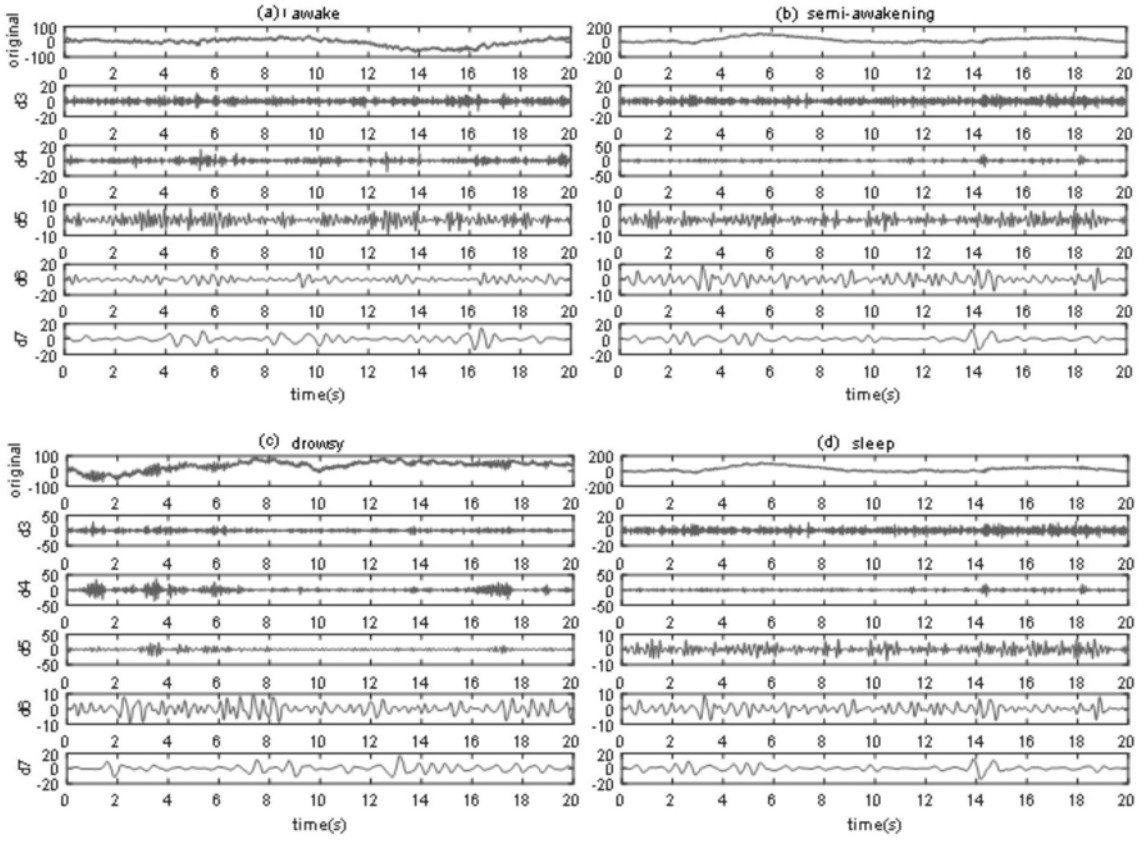

(a) awake
(b) semi-awakening
(c) drowsy
(d) sleep
original
d3
d4
d5
d6
d7
time(s)

图6

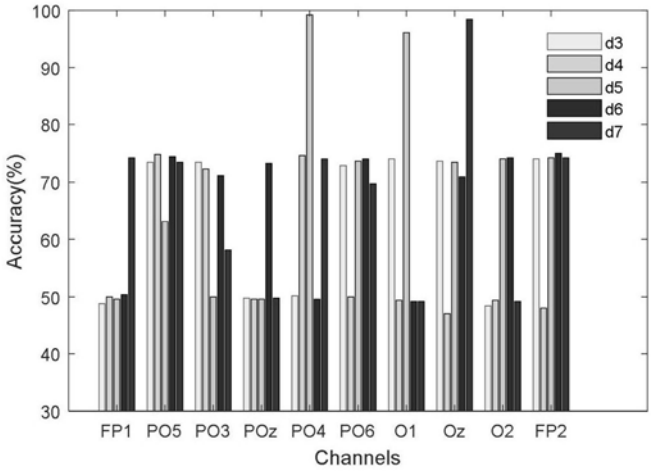

Accuracy(%)
Channels
FP1
PO5
PO3
POz
PO4
PO6
O1
Oz
O2
FP2
d3
d4
d5
d6
d7

图7

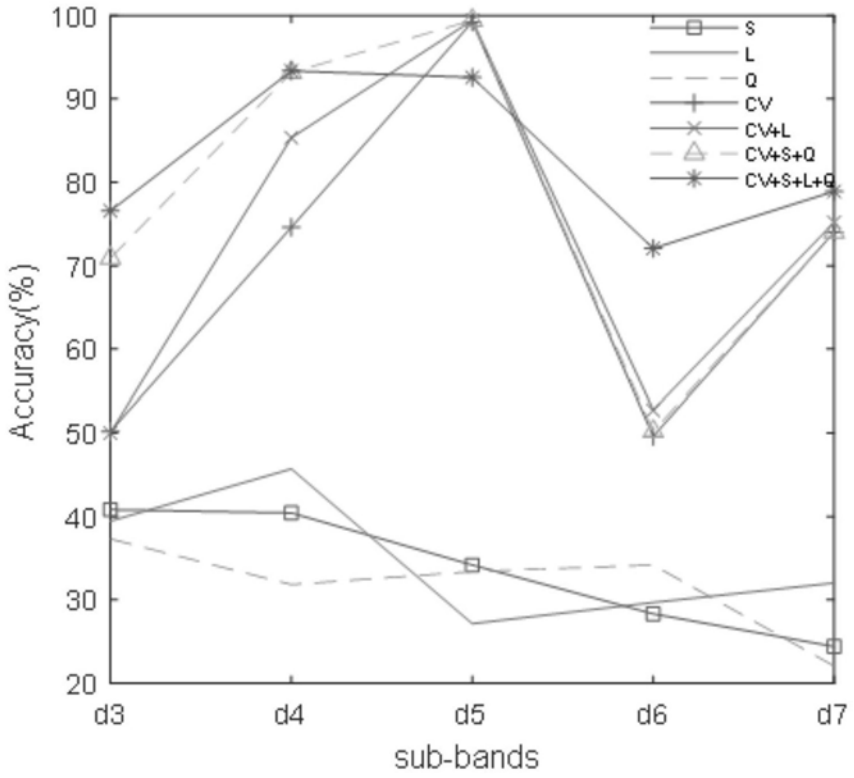
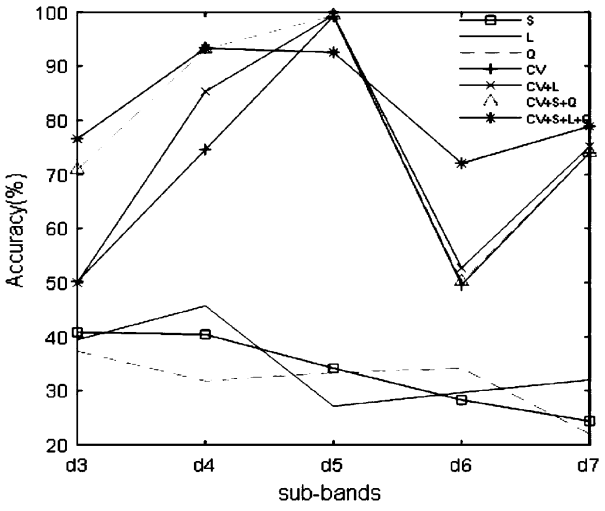

100
90
80
70
60
50
40
30
20
Accuracy(%)
d3
d4
d5
d6
d7
sub-bands
S
L
Q
CV
CV+L
CV+S+Q
CV+S+L+Q

图8

专利名称(译)	基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构及检测方法和应用		
公开(公告)号	CN111227851A	公开(公告)日	2020-06-05
申请号	CN201811439235.5	申请日	2018-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	天津职业技术师范大学		
申请(专利权)人(译)	天津职业技术师范大学		
当前申请(专利权)人(译)	天津职业技术师范大学		
[标]发明人	车艳秋 韩春晓 秦迎梅		
发明人	车艳秋 韩春晓 秦迎梅 杨米红 沈家沛		
IPC分类号	A61B5/18 A61B5/0476 A61B5/00		
代理人(译)	李薇 田阳		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于脑电信号的驾驶员警觉度检测机构及检测方法，所述检测机构包括装配在驾驶室内的脑电信号采集器、脑电放大器和数据处理终端，所述检测方法包括以下步骤：步骤1，脑电信号采集器采集驾驶员的脑部PO4通道和PO5通道的脑电信号；步骤2，将所述脑电信号传递给所述数据处理终端，利用离散小波变换将所述脑电信号分解成7层子频带，提取d5(7.9-15.7Hz)子频带的特征，所述特征为振幅对数、四分位数和变异系数；利用PO4的CV+S或CV+L或CV+Q或CV+S+Q或CV+L+Q特征判定驾驶员的警觉度。或者利用PO4和PO5的CV或组合特征CV+L或组合特征CV+Q特征判定驾驶员的警觉度。