



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111956217 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 20

(21) 申请号 202010681631.X

(22) 申请日 2020.07.15

(71) 申请人 山东师范大学

地址 250014 山东省济南市历下区文化东路88号

(72) 发明人 张宇昂 郑向伟 刘弘 嵇存
魏艺 徐卫志 田杰 吕蕾

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 李圣梅

(51) Int.Cl.

A61B 5/0476 (2006.01)

A61B 5/11 (2006.01)

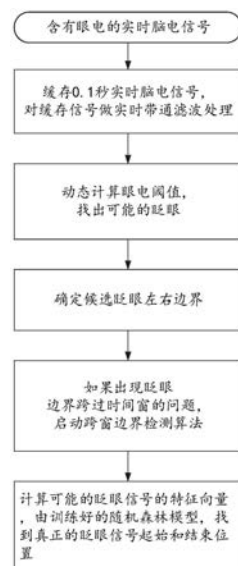
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法及系统

(57) 摘要

本公开提供了一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法及系统,本公开所述方案通过对实时脑电信号进行短时间窗缓存,并进行带通滤波处理,通过比较脑电信号与阈值,找到潜在眨眼位置;通过眨眼边界确定算法,找到每个缓存时间窗内可能含眨眼的信号,最后计算各个候选眨眼信号的特征向量,并通过随机森林算法,确定真实的眨眼位置;本公开所述方案仅需要一路脑电信号,且不需要眼电参考信号,具有准确率高、运算速度快、方便灵活的特点,适用于可穿戴脑电设备,为面向实时脑电信号,自动提取眨眼起始和结束的位置信息,获得眨眼伪迹提供了一种新思路。



1. 一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,包括:
利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;
动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;
针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;
对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

2. 如权利要求1所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,所述加窗缓冲处理采用短时间窗,同时采用带通小波滤波去除脑电信号中的电源噪声和高频噪声。

3. 如权利要求1所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,所述动态计算眼电阈值包括:

为避免短时眨眼对阈值大小的干扰,采用经带通滤波处理后,采用4秒内的脑电信号动态计算阈值,阈值大小计算公式为:

$$\text{阈值} = \text{脑电信号均值} + 1.5 \times \text{脑电信号平均绝对偏差};$$

当脑电信号大于该阈值时,则认为是可能的眨眼,低于该阈值的,则认为是干净的脑电信号。

4. 如权利要求1所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,所述候选眨眼位置的左右边界确定包括:

首先计算每个候选眨眼起始和结束区间内最大值的位置,确定眨眼的上升和下降部分的边界,并计算时间窗内相邻两个点的差值DataVelocity,DataVelocity的长度等于当前时间窗长度减1;其次,找出眨眼上升部分DataVelocity的最大值MaxPosVel位置,以及眨眼下降部分DataVelocity的最小值MaxNegVel位置;最后计算可能的左右边界,即搜索左右两边DataVelocity符号改变的第一个点,若搜索不到,则说明其左右边界跨过了时间窗。

5. 如权利要求1所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,针对所述左右边界跨时间窗的问题,需要进行如下处理:

为确定可能的眨眼位置的左边界,对于上升边沿跨时间窗问题,从当前窗向前查找,找到DataVelocity符号改变的第一个点;对于下降沿跨时间窗问题,若相邻窗只有不超过可能的眨眼位置,则从前一个相邻窗的开始重新计算,找到DataVelocity符号改变的第一个点;若相邻窗超过1个PB,则从之前相邻窗的倒数第二个PB的结尾处开始重新计算,找到DataVelocity符号改变的第一个点;

为确定可能的眨眼位置的右边界,对于实时信号,当其眨眼右边界跨过时间窗边沿时,只能在下一个时间窗寻找;若当前时间窗内只有不超过1个PB,则将本窗的开始时间作为下一个时间窗的起点,若当前时间窗内超过1个PB,则将倒数第二个PB的结尾处的时间作为下一个时间窗的起点;下一个时间窗的终点仍然在当前时间窗终点的基础上向前推进0.1秒,故下一个时间窗的长度为当前时间窗长度加下一时间窗长度;

最终获取每一个PB的左右边界,即其起始和结束时间。

6. 如权利要求1所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,所述特征提取采用脑电信号的样本熵、标准差、幅度和最大最小点斜率作为特征,其中,样本熵和标准差,反映了信号的细节信息,而幅度和最大最小点斜率给出了信号的轮廓信息。

7. 如权利要求1所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,其特征在于,所述分类模型需要预先利用训练集中眨眼和干净EEG信号的特征向量进行训练;在实时的眨眼位置识别中,对于每一个找到的候选眨眼位置,计算其特征向量,并利用训练好的分类模型,寻找出真正的眨眼位置及其左右边界。

8. 一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别系统,其特征在于,包括:

预处理模块,其用于利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;

预估模块,其用于动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;

眨眼伪迹识别模块,其用于对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

9. 一种电子设备,其特征在于,包括脑电信号采集设备、存储器、处理器及存储在存储器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现权利要求1-7任一项所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现权利要求1-7任一项所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法。

一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法及系统

技术领域

[0001] 本公开属于脑电信号预处理技术领域,尤其涉及一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法及系统。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 现实中,脑电信号经常被应用于自动控制、身份识别等领域,但是脑电信号往往会被其他干扰信号污染,比如眼电、心电、肌电、以及电源噪声等,导致实际应用过程产生较大误差;其中,眼电对脑电的影响是显著,且眨眼是一种常见的生理现象,难以人为干预避免;眼电的幅度一般远大于脑电信号,且能量主要集中在低频段,对脑电信号有严重的干扰作用,因此,从脑电信号中检测眨眼相关信息,对于脑电信号去除眨眼伪迹以及获取眨眼相关信息,具有重要实际意义。

[0004] 发明人发现传统的研究工作,大都集中在对脑电信号离线分析,检测或去除眨眼伪迹;尽管近年来,已出现对脑电信号的在线,甚至实时眨眼检测的研究,但现有的研究工作,存在着对干净脑电信号的大量重复计算,以及过分简化眨眼数学模型等方面的缺点,导致其实时性和准确率存在不足;而如何从实时脑电信号中实时快速的提取眨眼信息,存在着处理粒度和计算复杂度两个方面的挑战:一方面,如果采用非常小的处理粒度,如每个数据点检测一次,则为了保证实时性,用于检测的时间非常小,从而只能采用非常简单的眨眼模型,而这种简单模型往往不能检测不规则的眨眼;另一方面,如果采用较大的计算粒度,虽然可以提高模型的计算复杂度,提高检测精度,但过大的延时难以保证实时性的要求。

发明内容

[0005] 本公开为了解决上述问题,提供一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法及系统,所述方法不仅能够精确的检测眨眼的开始和结束时间,并且具有较小的计算复杂度,并最小化对干净脑电信号的计算,能够有效的识别出脑电信号中眨眼信号噪声的位置。

[0006] 根据本公开实施例的第一个方面,提供了一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法,包括:

[0007] 利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;

[0008] 动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;

[0009] 针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;

[0010] 对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

[0011] 进一步的,所述加窗缓冲处理采用短时间窗,同时采用带通小波滤波去除脑电信号中的电源噪声和低频噪声。

[0012] 进一步的,所述动态计算眼电阈值包括:

[0013] 为避免短时眨眼对阈值大小的干扰,采用经带通滤波处理后,4秒内的脑电信号动态计算阈值,阈值大小计算公式为:

[0014] 阈值=脑电信号均值+1.5x脑电信号平均绝对偏差;

[0015] 当脑电信号大于该阈值时,则认为是可能的眨眼,低于该阈值的,则认为是干净的脑电信号。

[0016] 进一步的,所述候选眨眼位置的左右边界确定包括:

[0017] 首先计算每个候选眨眼位置内最大值的位置,确定眨眼的上升和下降部分的边界,并计算时间窗内相邻两个点的差值DataVelocity,DataVelocity的长度等于当前时间窗长度减1;其次,找出眨眼上升部分DataVelocity的最大值MaxPosVel位置,以及眨眼下降部分DataVelocity的最小值MaxNegVel位置;最后计算可能的左右边界,即搜索左右两边DataVelocity符号改变的第一个点,若搜索不到,则说明其左右边界跨过了时间窗。

[0018] 根据本公开实施例的第二个方面,提供了一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别系统,包括:

[0019] 预处理模块,其用于利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;

[0020] 预估模块,其用于动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;

[0021] 眨眼伪迹识别模块,其用于对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

[0022] 根据本公开实施例的第三个方面,提供了一种电子设备,包括脑电信号采集设备、存储器、处理器及存储在存储器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法。

[0023] 根据本公开实施例的第四个方面,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现所述的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法。

[0024] 与现有技术相比,本公开的有益效果是:

[0025] (1) 本公开所述方案面向实时脑电信号,提出了一种面向短时间窗和人工智能分类的眨眼信息检测方法,该方法不仅能够精确的检测眨眼的开始和结束时间,并且具有较小的计算复杂度,并最小化对干净脑电信号的计算,结果表明本方法具有较高的检测精度,较小的检测延时,从而面向实时脑电信号,有效提取眨眼伪迹信息。

[0026] (2) 本公开所述方案仅需要一路脑电信号,且不需要眼电参考信号,具有准确率高、运算速度快、方便灵活的特点,适用于可穿戴脑电设备,为面向实时脑电信号,自动提取眨眼起始和结束的位置信息,提供了一种新思路。

附图说明

[0027] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0028] 图1是本公开实施例一中所述的眨眼伪迹识别方法流程图;

[0029] 图2是本公开实施例一中所述的脑电信号中典型眨眼波形示意图;

- [0030] 图3(a)是本公开实施例一中眨眼波形左边界上升部分跨时间窗问题示意图；
- [0031] 图3(b)是本公开实施例一中所述的眨眼波形左边界下降部分跨时间窗问题示意图；
- [0032] 图3(c)是本公开实施例一中所述的眨眼波形右边界上升部分跨时间窗问题；
- [0033] 图3(d)是本公开实施例一中所述的眨眼波形右边界下降部分跨时间窗问题；
- [0034] 图4是本公开实施例一中所述的基于随机森林的眨眼伪迹识别方法流程图；
- [0035] 图5是本公开实施例一中所述的检测结果实例，其中第一行是滤波后脑电波形，第二行是检测出的可能眨眼(CB)波形，第三行是经过随机森林识别后的真实眨眼波形，第四行是真实眨眼(Ground Truth)的参考位置；
- [0036] 图6(a)是本公开实施例一中所述的EEG-IO数据集中数据测试的平均检测延时和延时的标准差；
- [0037] 图6(b)是本公开实施例一中所述的EEG-VR数据集中数据测试的平均检测延时和延时的标准差；
- [0038] 图6(c)是本公开实施例一中所述的EEG-VV数据集中数据测试的平均检测延时和延时的标准差。

具体实施方式

- [0039] 下面结合附图与实施例对本公开作进一步说明。
- [0040] 应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。
- [0041] 需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。
- [0042] 实施例一：
- [0043] 本实施例的目的是提供一种面向实时脑电信号中眨眼伪迹识别方法。
- [0044] 一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法，包括：
- [0045] 利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号，并进行加窗缓冲处理；
- [0046] 动态计算眼电阈值，获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合；
- [0047] 针对每个候选眨眼，确定其左右边界，构成候选眨眼伪迹；
- [0048] 对每个候选眨眼伪迹进行特征提取，基于提取的特征向量，利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。
- [0049] 具体的，所述眨眼伪迹包括眨眼位置及其左右边界，如图1所示，一种面向实时脑电信号中眼电位置识别的方法，其详细步骤如下所示：
- [0050] 1) 对含眼电的实时脑电信号EEGdata(t)进行加窗缓冲处理，为满足实时要求，采用0.1秒的短时间窗，本公开以250Hz采样频率的脑电信号为例，每个窗包含25个数据点，对于其他采样频率的脑电信号，如1000Hz，可采用降采样的方法，将采样率变成250Hz左右；为去除脑电信号中的电源噪声和低频噪声等的影响，采用[0.488-15.625]Hz带通小波滤波

器,对250Hz实时脑电信号进行滤波处理。针对脑电信号,本小波滤波器采用bior 4.4小波基。对于非常短的时间窗信号,为了更好保留眼电信号幅度,以便于后续识别,滤波器采用当前时间窗信号和部分历史缓冲信号,本公开采用最近1秒的脑电信号,做滤波处理,并保存下来供后续处理。

[0051] 2) 采用阈值方法,找出每个时间窗内可能存在的眨眼位置,为避免短时眨眼对阈值大小的干扰,采用经带通滤波后的,本实施例中采用4秒内的脑电信号EEGdata(t) 计算阈值,阈值大小计算公式为

[0052] 阈值=脑电信号均值+1.5x脑电信号平均绝对偏差;

[0053] 脑电信号大于该阈值的,认为是可能的眨眼 (Potential Blink,PB),被保留下来,用于后续眨眼识别处理;低于该阈值的,认为是干净的脑电信号。

[0054] 3) 对于每一个可能的眨眼,找到它的左右边界。由于每次眨眼的时间一般为0.1-0.4秒,本公开采用了0.1秒的短时间窗缓存实时脑电信号,因此有可能出现眨眼的边沿跨时间窗问题;为解决这一问题,本步骤进而检测眨眼上升或下降部分是否在时间窗的边界上;如果通过步骤2) 发现,本时间窗内存在可能的眨眼 (PB),首先计算每个PB内最大值的位置,确定眨眼的上升和下降部分的边界,并计算本时间窗内相邻两个点的差值DataVelocity,DataVelocity的长度等于当前时间窗长度减1;其次,找出眨眼上升部分DataVelocity的最大值MaxPosVel位置,以及眨眼下降部分DataVelocity的最小值MaxNegVel位置;最后计算PB的左右边界,即搜索左右两边DataVelocity符号改变的第一个点;如果找不到,则说明其左右边界跨过了时间窗,则进行第5步,处理PB跨时间窗问题;

[0055] 4) 处理PB上升或下降部分跨时间窗的问题;为确定PB的左边界,对于上升边沿跨时间窗问题,从当前窗向前查找,找到DataVelocity符号改变的第一个点;对于下降沿跨时间窗问题,从前一个相邻窗的开始(如果相邻窗只有不超过1个PB)或之前相邻窗的倒数第二个PB的结尾处开始(如果相邻窗超过1个PB),重新计算,找到DataVelocity符号改变的第一个点;为确定PB右边界,对于实时信号,当其眨眼右边界跨过时间窗边沿时,只能在下一个时间窗寻找之,故将本窗的开始时间(如果当前时间窗内只有不超过1个PB)或倒数第二个PB的结尾处开始(如果当前时间窗内超过1个PB)作为下一个时间窗的起点,下一个时间窗的终点仍然在当前时间窗终点的基础上向前推进0.1秒,故下一个时间窗的长度为当前(或部分)时间窗长度加下一时间窗长度(即0.1秒);从而最终获取每一个PB的左右边界,即其起始和结束时间;把确定了起始和结束时间的PB称为候选眨眼 (Candidate Blink,CB)

[0056] 5) 从候选眨眼 (CB) 中,确定真正的眨眼,及其起始和结束位置;采用样本熵、标准差、幅度和最大最小点斜率作为特征,其中,样本熵和标准差,反映了信号的细节信息,而幅度和最大最小点斜率给出了信号的轮廓信息;为计算样本熵和标准差,原始脑电信号通过一个[0.488-62.5]Hz左右的带通滤波器,滤除电源噪声和高频噪声,并最大程度保留脑电信息;为计算幅度和最大最小点斜率,仍然用第1) 步获得的,通过[0.488-15.625]Hz带通滤波器后得到的信号;

[0057] 样本熵的计算公式为

[0058]
$$\text{SampEn}(D, m, r) = \log\left(\frac{B_r^m}{A_r^m}\right)$$

[0059] 其中,D为CB起始和结束位置之间的脑电信号,m为模板向量的长度,取值为2,r为阈值,其大小为数据序列标准偏差乘以0.2,B和A分别为不超过阈值r大小的,能匹配长度为m和(m+1)模板的数量;

[0060] 标准差的计算公式为

$$[0061] \quad \text{Std} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |D_i - \mu|^2}$$

[0062] 其中,N为数据向量D的长度, μ 为D的均值;

[0063] 幅度的计算公式为

$$[0064] \quad RA = D_{\max} - D_{\min}$$

[0065] 其中, D_{\max} 和 D_{\min} 为数据向量的最大和最小值;

[0066] 最大最小点斜率定义为

$$[0067] \quad GR = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

[0068] I_{\max} 和 I_{\min} 为 D_{\max} 及 D_{\min} 所在的位置;

[0069] 最后采用随机森林训练学习模型,检测出真正的眨眼信号。首先,分别计算训练集中眨眼和干净脑电信号的特征向量,训练一个随机森林分类模型。其次,对实时脑电信号中每一个找到的CB,计算其特征向量,并通过事先训练好的模型进行分类,找出真正的眨眼,从而最终得到每个眨眼的左右边界位置。

[0070] 为了清楚的展示本公开所述方案的实际效果,本实施例中通过实际的数据对真实脑电信号的眨眼检测的性能和运算速度进行分析:

[0071] 本公开采用的数据为本领域技术人员常用的脑电信号数据集,该数据集包括EEG-I0,EEG-VR和EEG-VV三个子集;测试采用FP1信号,因为其受眨眼影响最明显,为使得眨眼为正向波形,对原始脑电信号做了取反处理,该处理并不影响眨眼检测结果;为模拟实时脑电,从存储的脑电信号中,顺序的读出每个数据点以进行处理;

[0072] 本公开选用了EEG-I0中前4个脑电数据作为训练集,其他脑电数据用于测试;如图5所示为检测结果的实例,其中第一行是滤波后的脑电波形,第二行是检测出的可能眨眼(CB)波形,第三行是经过随机森林识别后的真实眨眼波形,第四行是真实的眨眼(Ground Truth)位置参考。

[0073] 为了衡量本方法的准确性,本公开选用了三个指标,分别为准确率 R_A (accuracy),精确率 R_P (Precision) 以及F1值 R_{F1} ,其定义分别为:

$$[0074] \quad R_A = \frac{\text{正确检测出的眨眼数}}{\text{总的眨眼数}}$$

$$[0075] \quad R_P = \frac{\text{正确检测出的眨眼数}}{\text{总检测出的眨眼数}}$$

$$[0076] \quad R_{F1} = \frac{2 * R_A * R_P}{R_A + R_P}$$

[0077] 表1每个测试子集检测的平均结果

测试集	R _A	R _P	R _{F1}
EEG-IO	96.27%	94.21%	95.23%
EEG-VR	95.86%	94.32%	95.08%
EEG-VV	95.99%	93.31%	94.63%
总平均值	96.01%	93.87%	94.93%

[0079] 由表1可以看出,本方法能够达到较高的准确率。

[0080] 接下来分析本方法的时间开销。图6(a)至图6(c)分别给出了三个不同数据集EEG-IO, EEG-VR和EEG-VV中每个脑电数据的平均处理时间和标准差的分布情况;可以看出每个0.1秒短时间窗的脑电信号,平均处理时间介于4-6毫秒之间,且分布的标准差介于1-3毫秒,可见本方法能够很快的检测实时脑电信号的眨眼情况。

[0081] 表2加窗信号跨窗统计

测试集	跨左边界数	跨右边界数	总时间窗数	脑电信号长度(秒)
EEG-IO	74	158	1010	101
EEG-VR	208	335	2010	201
EEG-VV	207	339	2010	201

[0083] 表2中给出了每个数据子集中,因为实时信号加窗处理,导致的眨跨越时间窗的统计结果,从表2可以看出,跨窗数量远小于总时间窗数,只有当发生跨窗问题时,才需要对部分脑电信号重复计算,因此,本方法通过实时检测眨眼信号跨时间窗问题,从而最大程度上避免了对干净脑电信号的重复眼电检测,提高了整体的计算效率。

[0084] 本公开所述方案面向实时采集的脑电信号,实现在线的识别脑电信号中眨眼部分,并标记起始和结束边界;为实时脑电信号的眨眼伪迹去除或获取与注意力相关的信息等,提供眨眼位置信息;首先,对实时脑电信号进行短时间窗缓存,并进行带通滤波处理;进而通过比较脑电信号与阈值,找到潜在眨眼位置;通过眨眼边界确定算法,找到每个缓存时间窗内可能含眨眼的信号,最后计算各个候选眨眼信号的特征向量,并通过随机森林算法,确定真实的眨眼位置。本方法仅需要一路脑电信号,且不需要眼电参考信号,具有准确率高、运算速度快、方便灵活的特点,适用于可穿戴脑电设备,为面向实时脑电信号,自动提取眨眼起始和结束的位置信息,提供了一种新思路。

[0085] 实施例二:

[0086] 本实施例的目的是提供一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别系统。

[0087] 一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别系统,包括:

[0088] 预处理模块,其用于利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;

[0089] 预估模块,其用于动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;

[0090] 眨眼伪迹识别模块,其用于对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征

向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

[0091] 实施例三:

[0092] 本实施例的目的是提供一种电子设备。

[0093] 一种电子设备,包括、存储器、处理器及存储在存储器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现以下步骤,包括:

[0094] 利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;

[0095] 动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;

[0096] 针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;

[0097] 对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

[0098] 实施例四:

[0099] 本实施例的目的是提供一种计算机可读存储介质。

[0100] 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现以下步骤,包括:

[0101] 利用脑电信号采集设备实时获取脑电信号,并进行加窗缓冲处理;

[0102] 动态计算眼电阈值,获得每个时间窗内可能的眨眼位置作为候选眨眼集合;

[0103] 针对每个候选眨眼,确定其左右边界,构成候选眨眼伪迹;

[0104] 对每个候选眨眼伪迹进行特征提取,基于提取的特征向量,利用分类模型筛选出最终的眨眼伪迹。

[0105] 上述实施例提供的一种面向实时脑电信号的眨眼伪迹识别方法及系统,完全可以实现,具有广阔应用前景。

[0106] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

[0107] 上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述,但并非对本公开保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本公开的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

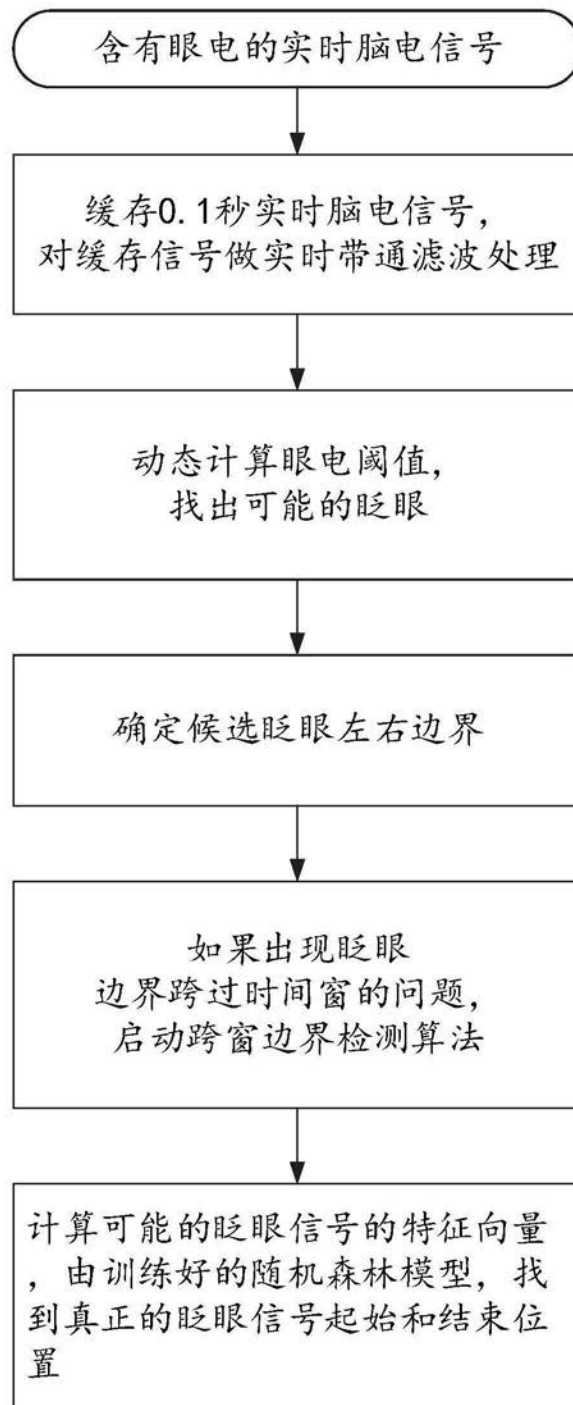


图1

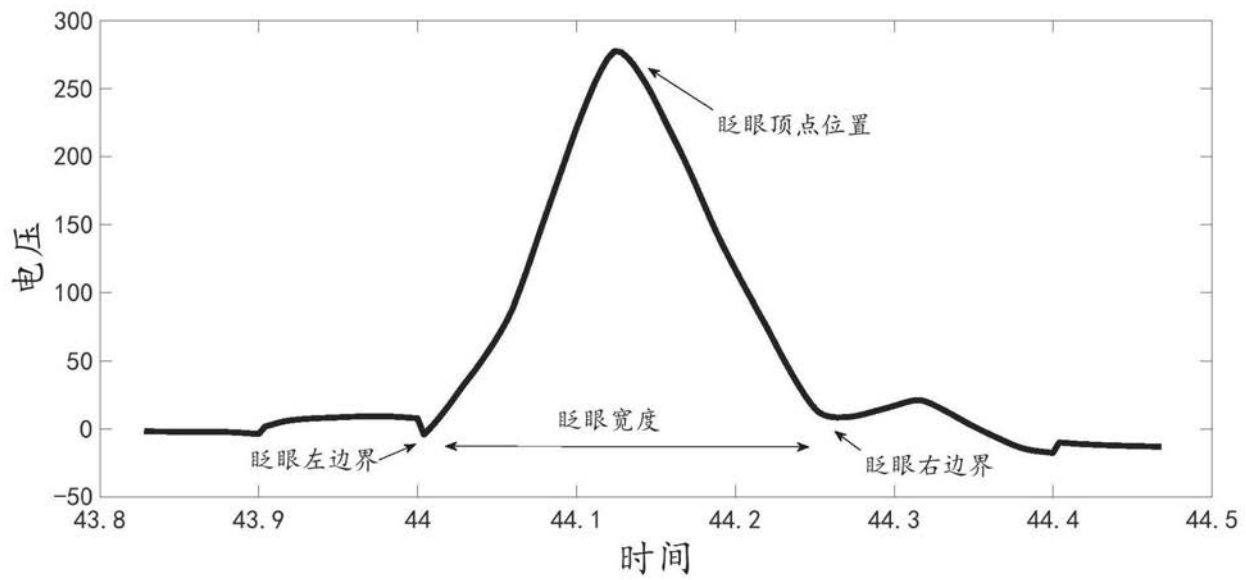


图2

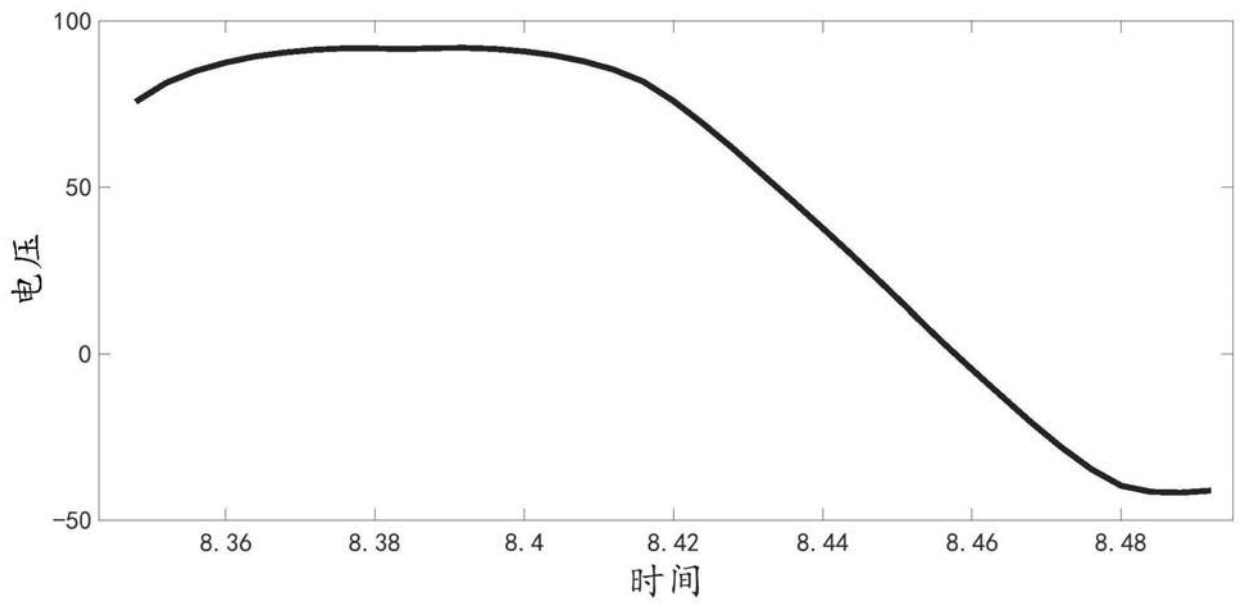


图3 (a)

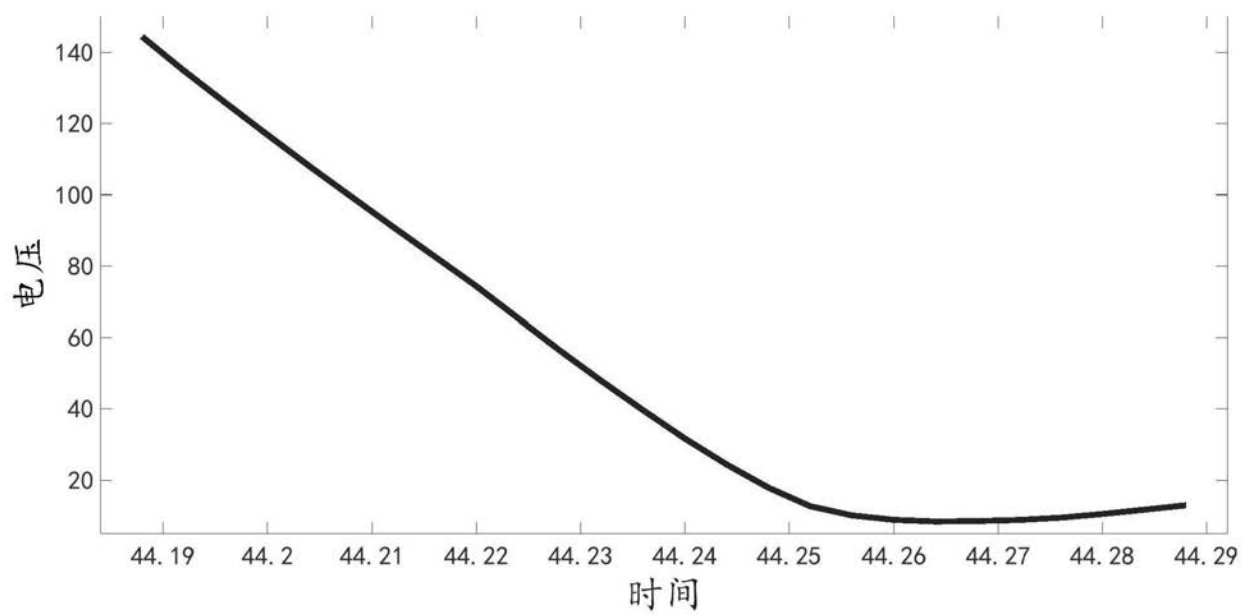


图3 (b)

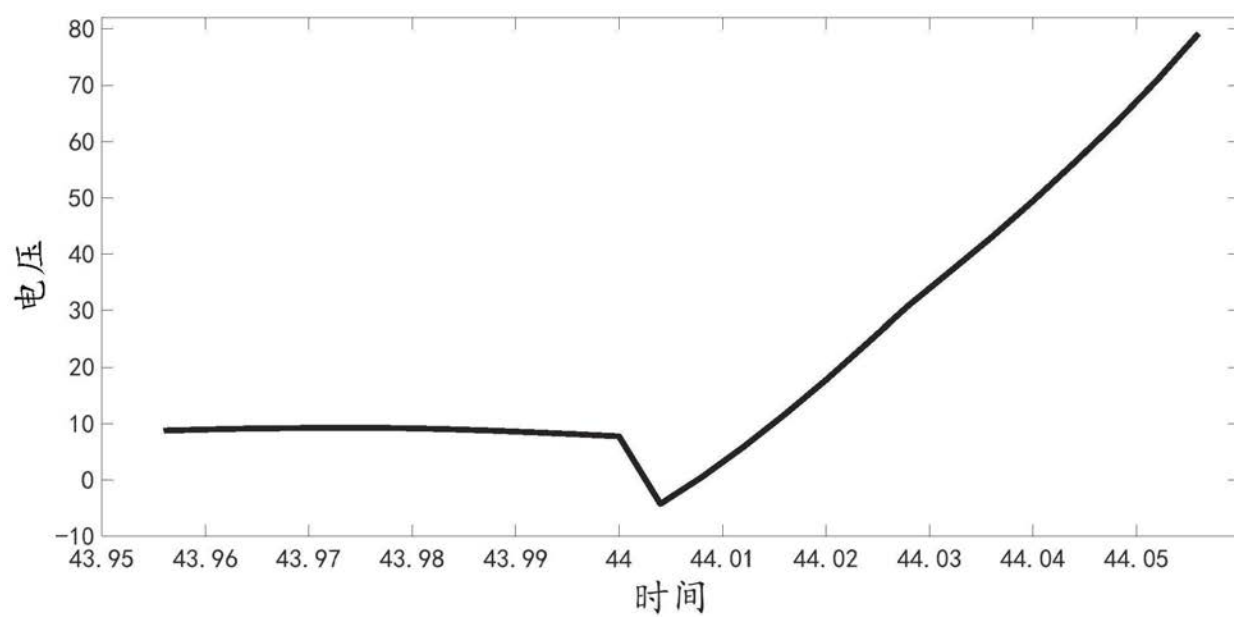


图3 (c)

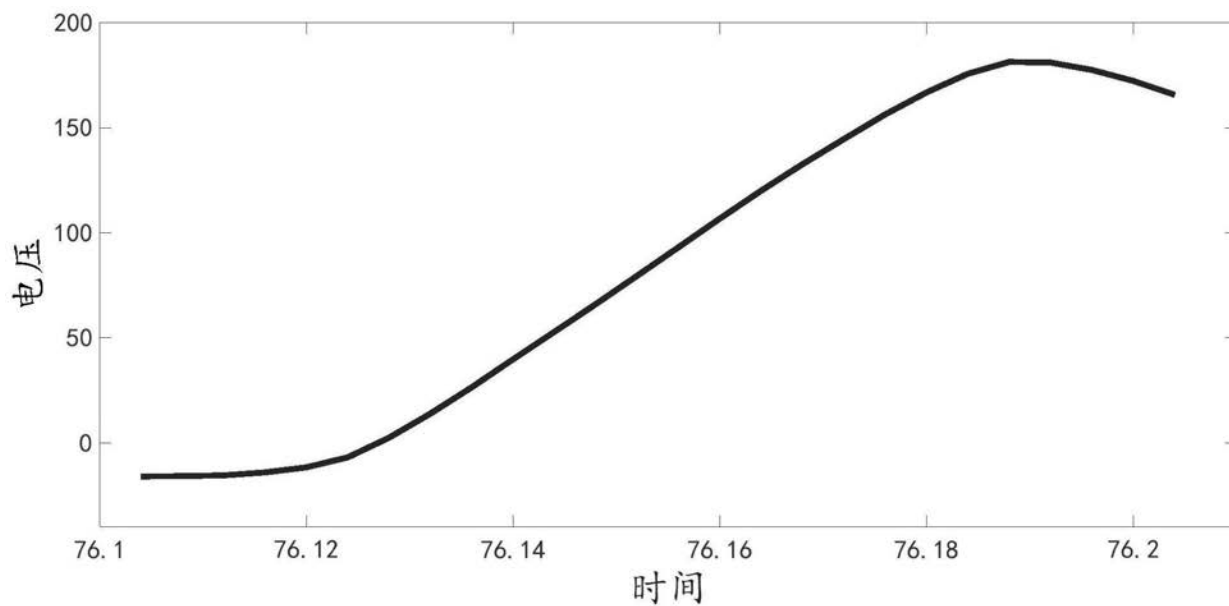


图3 (d)

基于随机森林的眨眼识别

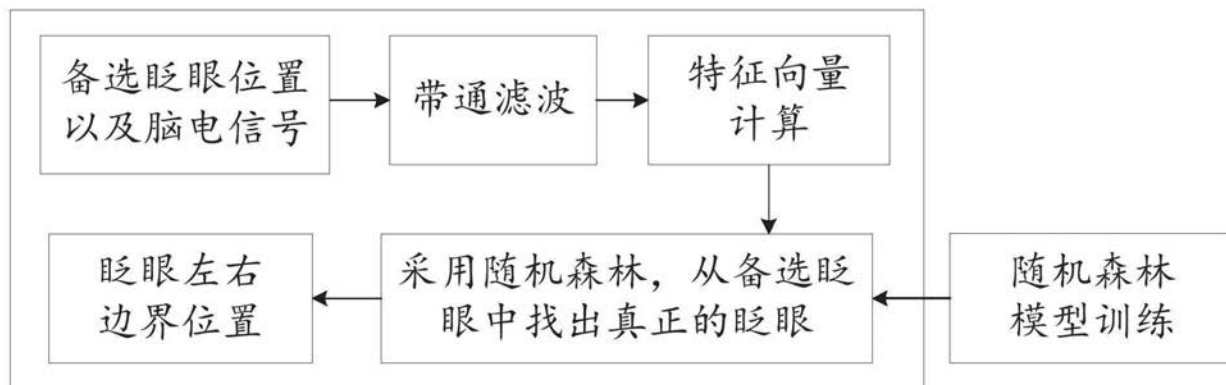


图4

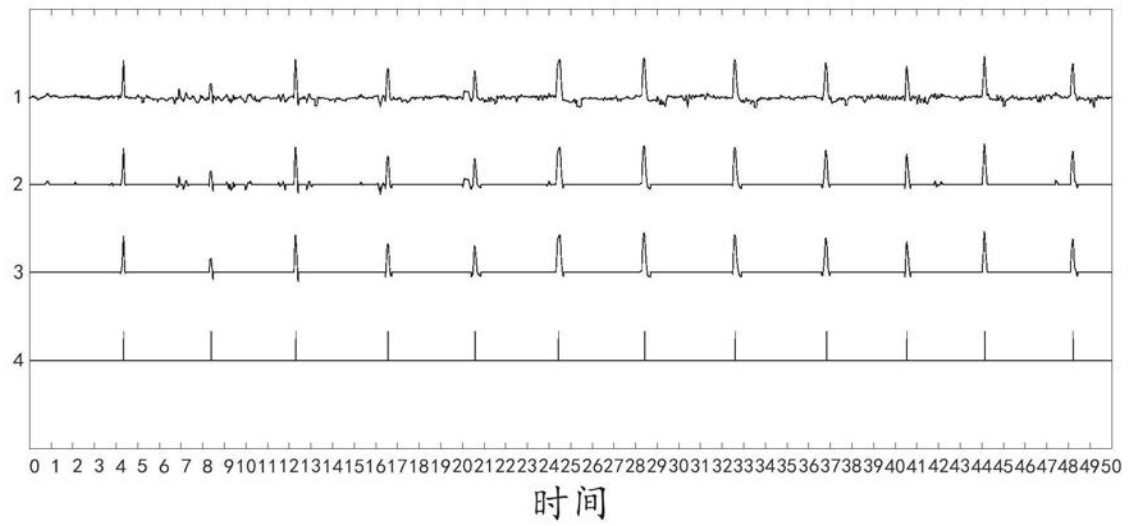


图5

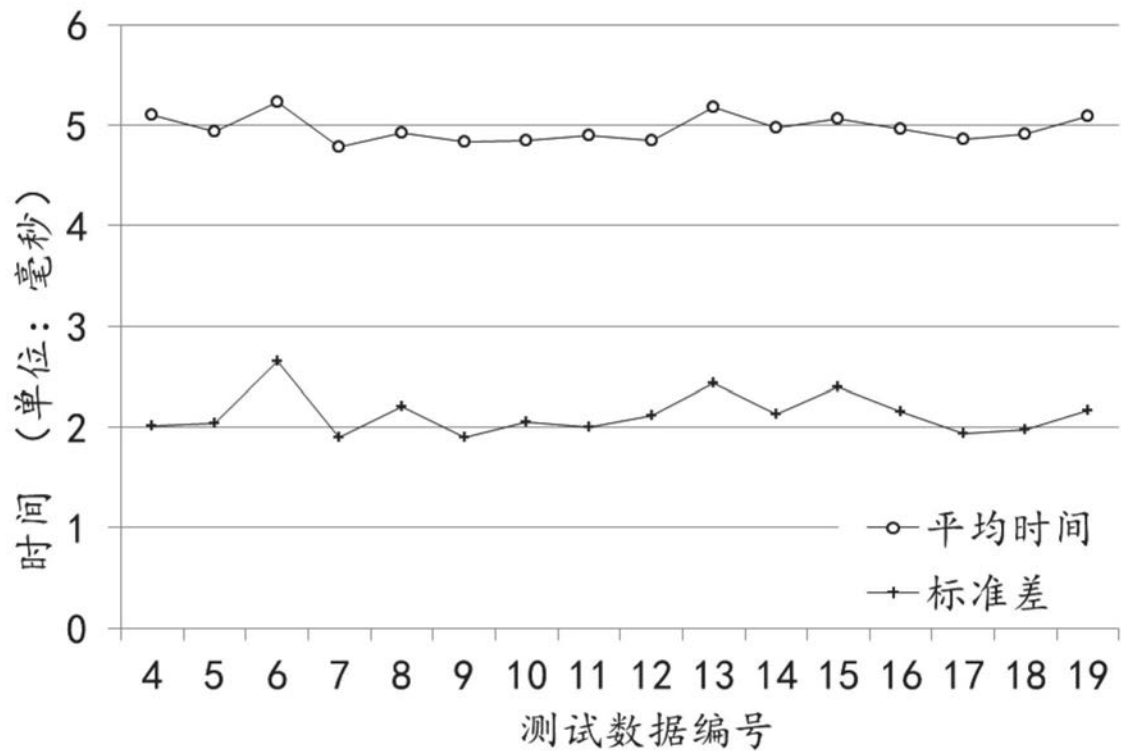


图6 (a)

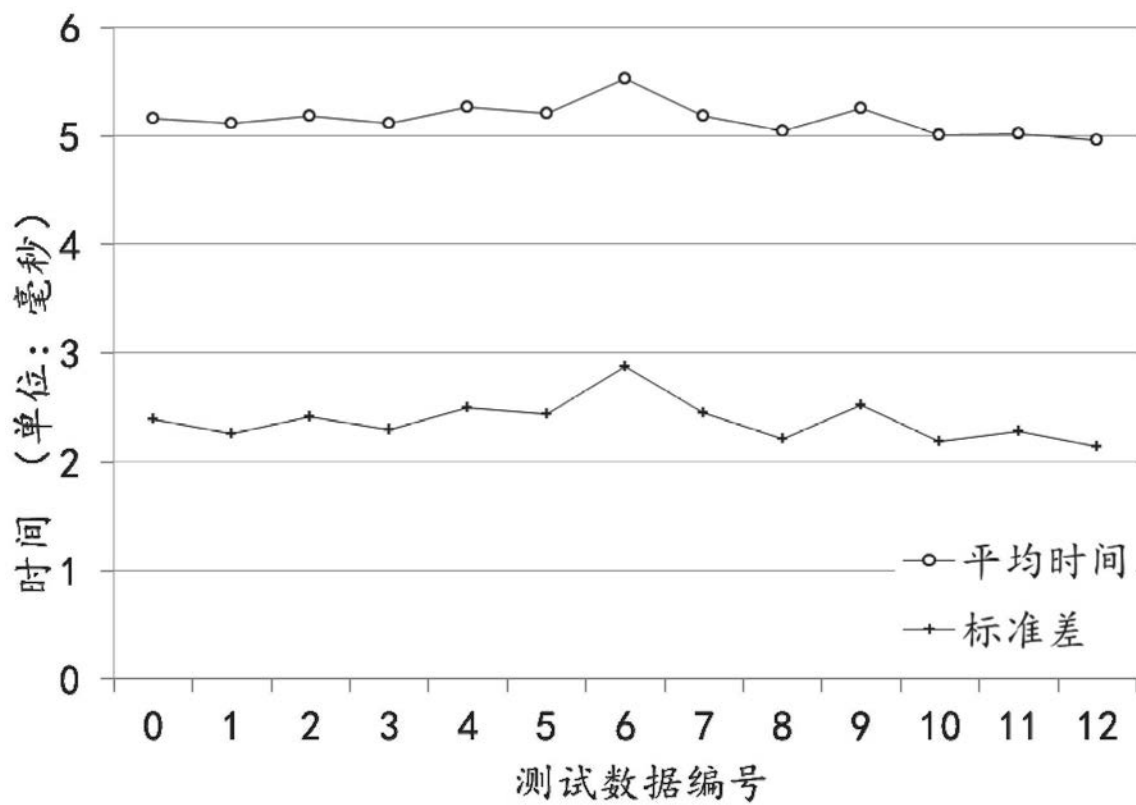


图6 (b)

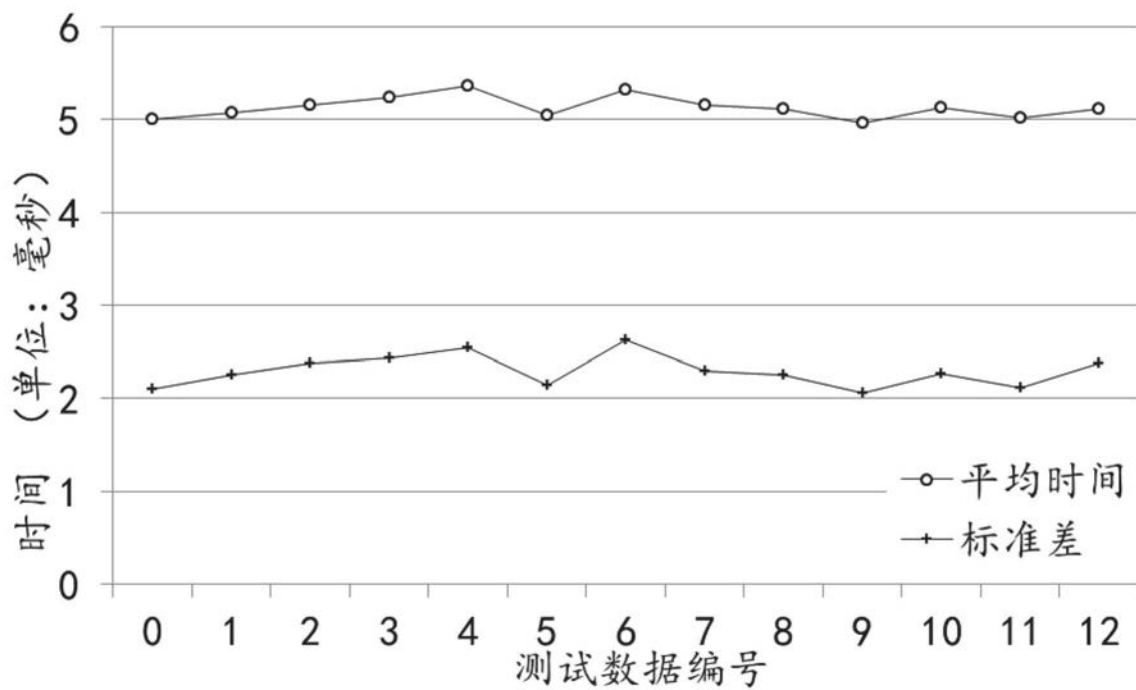


图6 (c)