



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111096753 A

(43)申请公布日 2020.05.05

(21)申请号 201910998308.2

(22)申请日 2019.10.21

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 李德玉 夏美云 顾晓磊

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所

11121

代理人 周长琪

(51)Int.Cl.

A61B 5/1455(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

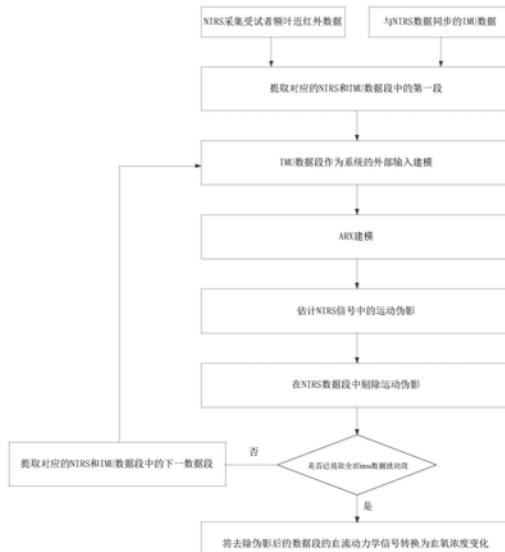
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱  
多通道检测方法

(57)摘要

本发明公开一种适用于复杂加速度条件的  
近红外光谱多通道检测方法，使用NIRS信号采集  
系统和六通道惯性测量单元(IMU)同步记录数据  
；建立外部输入自回归模型(ARX)，以六通道  
IMU数据作为系统的外部输入，估计检测到的  
NIRS信号中的运动伪影；获得复杂加速度条件下  
的NIRS信号中有效的生理信息。本发明的优点为：  
可以实现更好地对运动伪影进行建模，从而  
可以成功去除检测信号里的运动伪影，获得的无  
运动伪影的NIRS信号可更准确地检测生理变化。



1. 一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法, 分以下三步:

步骤1: 采集测试过程中受试者额叶近红外数据及近红外光学探测器同位点的同步IMU数据;

步骤2: 提取1, 2, 3, …, N段数据段, 每个数据段具有对应的NIRS和IMU数据段, 对每段进行:

- (1) 以IMU数据段作为系统的外部输入建模;
- (2) 建立自回归模型, 得到NIRS数据段中运动伪影;
- (3) 在NIRS数据段中剔除运动伪影;

步骤3: 将去除伪影后的NIRS数据转换为血氧浓度变化。

2. 如权利要求1所述一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法, 其特征在于: 受试者额叶近红外数据由NIRS设备实时采集头部覆盖区域, 包含额叶脑区全部近红外信号; 至少采集NIRS设备1个信号通道的近红外信号。

3. 如权利要求1所述一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法, 其特征在于: 近红外光学探测器同位点的同步IMU数据为由贴附于近红外光学探测器探头背面, 包含三通道加速度计和三通道陀螺仪的六通道IMU芯片实现的IMU系统实时采集。

依次提取IMU数据波动段所对应的数据段, 该数据段即为对应的NIRS和IMU数据段, 且将各数据段标号为1, 2, 3, …, N。

4. 如权利要求1所述一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法, 其特征在于: ARX建模如下:

$$\begin{aligned}\hat{w}[k] = & a_1x[k-1] + a_2x[k-2] + \cdots + a_{NA}x[k-NA] \\ & + b_0^Tu[k] + b_1^Tu[k-1] + \cdots + b_{NB}^Tu[k-NB]\end{aligned}$$

其中,  $\hat{w}[k]$  是基于模型系数  $a = [a_1 a_2 \cdots a_{NA}]$  和  $b = [b_0 b_1 \cdots b_{NB}]$  的系统输出, 模型的输入是  $u = [u[k], u[k-1], u[k-2], \dots, u[k-NB]]$ ;  $b_0^T b_1^T \cdots b_{NB}^T$  是  $1 \times L$  系数向量,  $u[k]$  是  $L \times 1$  输入向量, 并且维度  $L$  是使用的IMU数据通道的数量;  $NA$  与  $NB$  分别为系数  $a$  与系数  $b$  的总数,  $u[k]$  为IMU数据段,  $u[k] = [A_x[k] \ A_y[k] \ A_z[k] \ G_x[k] \ G_y[k] \ G_z[k]]^T$ ,  $A_x$ ,  $A_y$  和  $A_z$  代表三个加速度计通道数据,  $G_x$ ,  $G_y$  和  $G_z$  代表三个陀螺仪数据通道数据;

上述系数  $a$  和  $b$  可由最小二乘法确定:

$$J(a, b) = \sum_{k=1}^N (x[k] - \hat{w}[k])^2$$

其中,  $k$  为数据段的采样点, 每个采样点具有一个对应的NIRS数据和IMU数据, 分别对应着系数  $a$ ,  $b$ 。

## 一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于医疗技术领域,特别涉及一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法。

### 背景技术

[0002] 近红外光谱技术(NIRS)可以无损探测脑组织中含氧血红蛋白和脱氧血红蛋白浓度的变化量,是一种测量大脑局部血液流动力学信息及新陈代谢状况的有效手段。此外,NIRS因其非侵入性,安全性,操作简单和成本效益等优点,与其他脑功能测量设备,如正电子发射性计算机断层成像(PER)和磁共振成像(MRI)等相比,NIRS更受欢迎,使之成为连续监测大脑血流动力学状况的绝佳选择。

[0003] 在NIRS测量中,光源和探测器直接耦联到人体头皮,受试者头部或身体的移动很可能导致运动伪影(MA)的出现,这些MA会导致光电极和头皮解偶联,从而导致信号出现高频尖峰或基线移位,从而严重影响所测量信号的质量。由于生理变化引起的NIRS信号变化和由于运动伪影引起的变化彼此紧密地重叠,最终影响后续分析处理结果的可靠性。

[0004] 申请号为CN103750845A的中国发明专利“一种自动去除近红外光谱信号运动伪迹的方法”公开了一种自动去除近红外光谱信号伪迹的方法,可以基于近红外光谱信号的概率分布特点,自动选取阈值和检测含运动伪迹的区间,对近红外信号进行经验模式分解,对明显异常的固有模式分量进行处理以去除运动伪迹。该项发明只是针对明显异常的模态进行处理。而NIRS在实际运用中,在被试不能主动避免的微弱运动情况下,如新生儿或动物,就可能导致从研究中排除整个数据集,造成数据的极大损失和实验投入的浪费。

### 发明内容

[0005] 为了解决现有技术问题,本发明的目的在于克服已有技术存在的不足,提供一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法,可更好地对运动伪影进行建模,从而可以更精确地去除运动伪影。

[0006] 本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法,分以下三步:

[0007] 步骤1:采集测试过程中受试者额叶近红外数据及近红外光学探测器同位点的同步IMU数据。

[0008] 步骤2:提取 $1, 2, 3, \dots, N$ 段数据段,每个数据段具有对应的NIRS和IMU数据段,对每段进行:

[0009] (1)以IMU数据段作为系统的外部输入建模。

[0010] (2)建立自回归模型,得到NIRS数据段中运动伪影。

[0011] (3)在NIRS数据段中剔除运动伪影。

[0012] 步骤3:将去除伪影后的NIRS数据转换为血氧浓度变化。

[0013] 本发明的优点在于:

[0014] 1、本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法,可以实现更好地

对运动伪影进行建模,从而可以成功去除检测信号里的运动伪影,获得的无运动伪影的NIRS信号可更准确地检测生理变化。

[0015] 2、本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法,从NIRS信号中去除伪像是在光学传感器的原始信号上实现的,因此,去除运动伪影后可用于任何其他处理中以进行进一步研究。

## 附图说明

[0016] 图1为本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法整体流程图;

[0017] 图2为本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法中近红外光学探测器和IMU贴附的结构示意图;

[0018] 图3为本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法中受试者额叶近红外数据及近红外光学探测器同位点的同步IMU数据采集过程示意图。

## 具体实施例

[0019] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0020] 本发明适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法,分以下三步:

[0021] 步骤1:采集测试过程中受试者额叶近红外数据及近红外光学探测器同位点的同步IMU 数据。

[0022] 测试过程为:

[0023] a、设置计算机屏幕显示为空屏;

[0024] b、受试者穿戴NIRS设备以及近红外光学探测器安装完毕后,等待10s。

[0025] c、计算机屏幕上随机位置显示“+”号,同时受试者注视符号;“+”号显示时间持续2s;

[0026] d、间隔10s后,返回进行步骤c。

[0027] 上述过程重复20次。

[0028] 上述测试过程中,受试者额叶近红外数据由NIRS设备实时采集头部覆盖区域,包含额叶脑区全部近红外信号,该信号可以反应血液动力学活动;至少采集NIRS设备1个信号通道(1个发射光源和对应的1个采集探头)的近红外信号,即可只采集一个通道的近红外信号,也可以采集多个通道的近红外信号,根据所采集的通道数不同,近红外信号可排布不同的SD图。近红外光学探测器同位点的同步IMU数据为由贴附于近红外光学探测器探头背面,包含三通道加速度计和三通道陀螺仪的六通道IMU芯片实现的IMU系统实时采集。

[0029] 步骤2:提取数据段,建立外部输入自回归模型(ARX),以六通道IMU数据作为系统的外部输入,估计检测到的NIRS信号中的运动伪影;

[0030] 依次提取IMU数据波动段所对应的数据段,该数据段即为对应的NIRS和IMU数据段,且将各数据段标号为1,2,3,…,N,并分别对每个数据段进行下述过程:

[0031] (1)以IMU数据段 $u[k]$ 作为系统的外部输入建模:

$$x[n] = s[n] + w[n] \quad (1)$$

[0033] 其中, $x[n]$ 代表近红外光学探测器检测到的血流动力学信号,该信号根据NIRS采集到的近红外信号得到, $s[n]$ 代表真实血流动力学信号, $w[n]$ 代表运动伪影信号。

[0034] (2) ARX建模:

$$\hat{w}[k] = a_1x[k-1] + a_2x[k-2] + \cdots + a_{NA}x[k-NA]$$

[0035]  $+ b_0^T u[k] + b_1^T u[k-1] + \cdots + b_{NB}^T u[k-NB]$  (2)

[0036] 其中,  $\hat{w}[k]$ 是基于模型系数  $a = [a_1 a_2 \cdots a_{NA}]$  和  $b = [b_0 b_1 \cdots b_{NB}]$  的系统输出, 模型的输入是  $u = [u[k], u[k-1], u[k-2], \dots, u[k-NB]]$ ;  $b_0^T b_1^T \cdots b_{NB}^T$  是  $1 \times L$  系数向量,  $u[k]$  是  $L \times 1$  输入向量, 并且维度  $L$  是使用的IMU数据通道的数量。NA与NB分为系数a与系数b的总数,  $u[k]$  为IMU数据段,  $u[k] = [A_x[k] A_y[k] A_z[k] G_x[k] G_y[k] G_z[k]]^T$ ,  $A_x, A_y$  和  $A_z$  代表三个加速度计通道数据,  $G_x, G_y$  和  $G_z$  代表三个陀螺仪数据通道数据。

[0037] 上述系数a和b可由最小二乘法确定:

$$J(a, b) = \sum_{k=1}^N (x[k] - \hat{w}[k])^2 \quad (3)$$

[0039] 其中, k为数据段的采样点, 每个采样点具有一个对应的NIRS数据和IMU数据, 分别对应着系数a,b。

[0040] (3) 在NIRS数据段中剔除运动伪影, 估计的真实血流动力学信号可表示为:

$$\hat{s}[n] = x[n] - \hat{w}[n] \quad (4)$$

[0042] 最终, 将N个NIRS数据段中的运动伪影全部去除, 进而获得的无运动伪影的NIRS信号可更准确地检测生理变化。

[0043] 步骤3: 使用典型的Beer-Lambert定律将步骤3中去除伪影后的NIRS数据转换为血氧浓度变化 ( $HbO_2$  和  $Hb$  变化)。

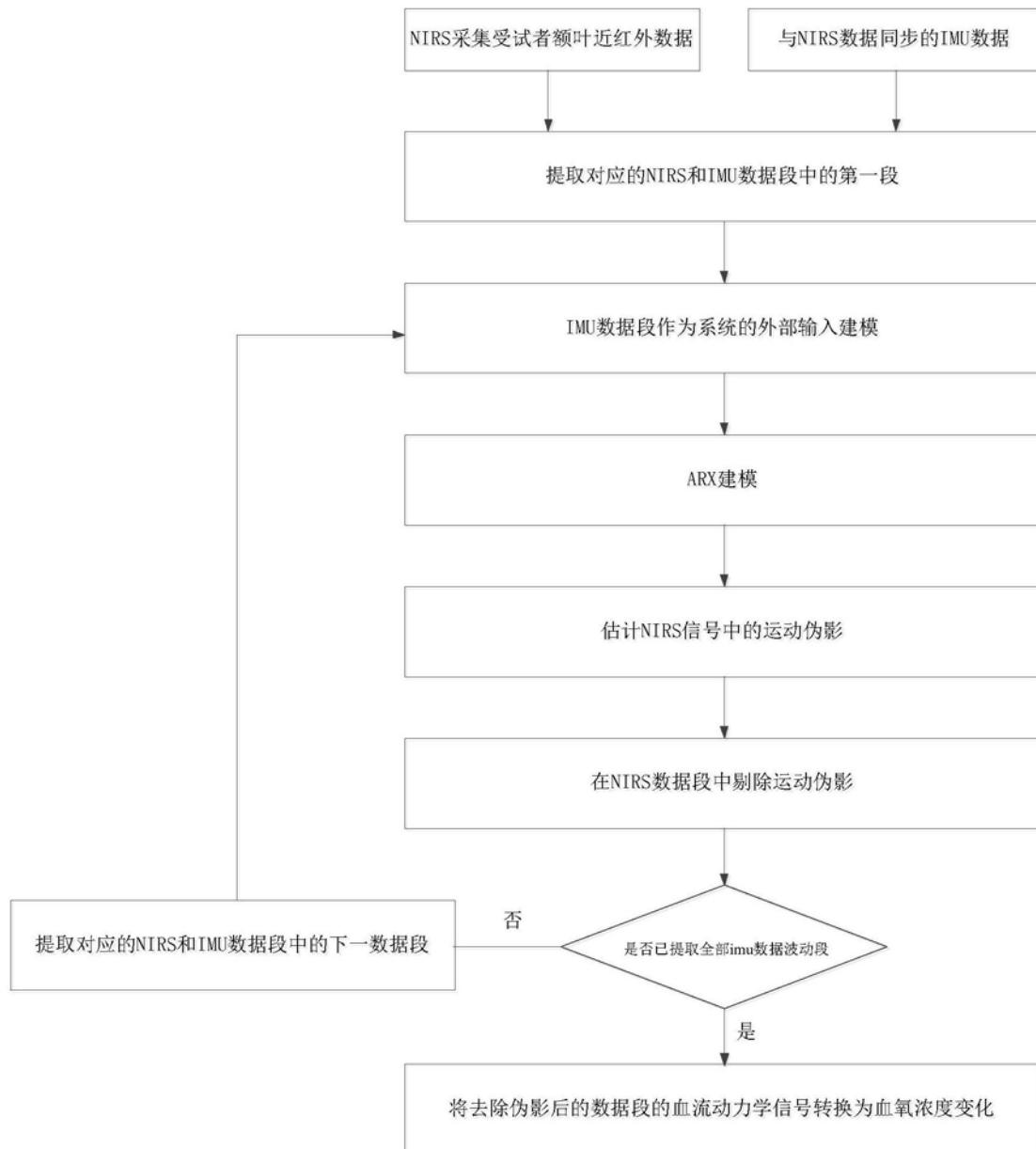


图1

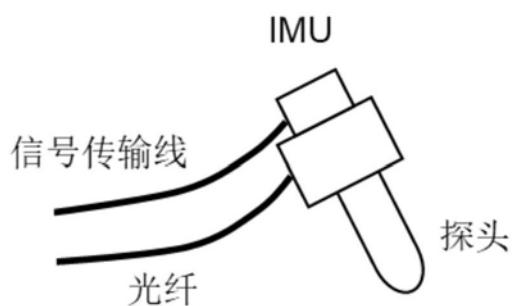


图2

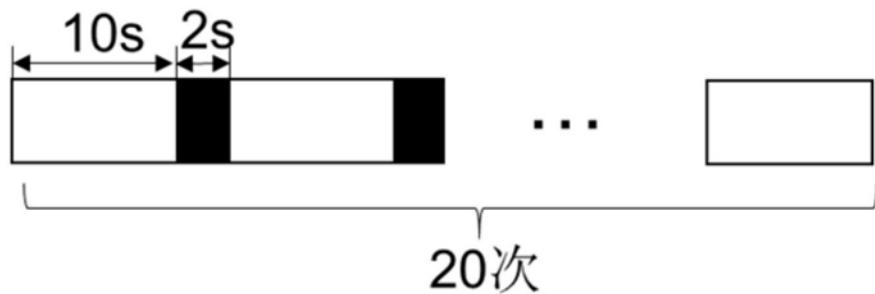


图3

专利名称(译)	一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN111096753A</a>	公开(公告)日	2020-05-05
申请号	CN201910998308.2	申请日	2019-10-21
[标]申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
当前申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
[标]发明人	夏美云		
发明人	李德玉 夏美云 顾晓磊		
IPC分类号	A61B5/1455 A61B5/00		
代理人(译)	周长琪		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

#### 摘要(译)

本发明公开一种适用于复杂加速度条件的近红外光谱多通道检测方法，使用NIRS信号采集系统和六通道惯性测量单元(IMU)同步记录数据；建立外部输入自回归模型(ARX)，以六通道IMU数据作为系统的外部输入，估计检测到的NIRS信号中的运动伪影；获得复杂加速度条件下的NIRS信号中有效的生理信息。本发明的优点为：可以实现更好地对运动伪影进行建模，从而可以成功去除检测信号里的运动伪影，获得的无运动伪影的NIRS信号可更准确地检测生理变化。

