



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110393525 A

(43)申请公布日 2019. 11. 01

(21)申请号 201910526926.7

(22)申请日 2019.06.18

(71)申请人 浙江大学

地址 310013 浙江省杭州市西湖区余杭塘
路866号

(72)发明人 陈耀武 崔彦 谢立

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限
公司 33224

代理人 曹兆霞

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/055(2006.01)

A61B 5/04(2006.01)

A61B 6/03(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

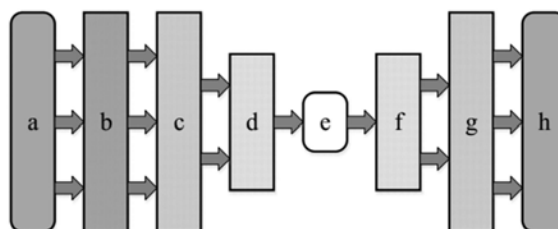
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,包括:接收大脑信号,并对大脑信号进行预处理;以每一时刻的大脑信号作为输入矩阵,利用空间特征提取单元对输入的大脑信号进行降维处理,提取大脑信号的空间特征;利用深度循环编码单元对每一时刻的空间特征进行更新记忆,输出时序动态特征;利用深度循环解码单元对时序动态特征进行更新预测,输出预测的时序活动模式;利用空间特征重建单元对预测的时序活动模式进行重建映射,复原大脑信号。该大脑活动检测方法通过对大脑信号的时序记忆循环处理、特征提取和自动重建,检测大脑活动的时间特征及脑网络的空间模式,为无标注信号数据上的大脑活动检测提供了有效方法。



1. 一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,包括以下步骤:

接收大脑信号,并对大脑信号进行预处理;

以每一时刻的大脑信号作为输入矩阵,利用空间特征提取单元对输入的大脑信号进行降维处理,提取大脑信号的空间特征;

利用深度循环编码单元对每一时刻的空间特征进行更新记忆,输出时序动态特征;

利用深度循环解码单元对时序动态特征进行更新预测,输出预测的时序活动模式;

利用空间特征重建单元对预测的时序活动模式进行重建映射,复原大脑信号。

2. 如权利要求1所述的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,其特征在于,对大脑信号进行预处理包括:颅骨去除、头动校正、切片时间校正、空间平滑、全局漂移消除、滤波和降噪、归一化。

3. 如权利要求1所述的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,其特征在于,在所述空间特征提取单元中,利用主成分分析、独立成分分析,经过训练的全连接神经网络、卷积神经网络、深度置信网络或受限玻尔兹曼机对输入大脑信号进行空间特征提取。

4. 如权利要求1所述的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,其特征在于,在所述深度循环编码单元,利用经过训练的循环神经网络实现对大脑活动的时序动态特征的记忆更新和提取;

在深度循环解码单元中,采用经过训练的循环神经网络实现对大脑活动的时序活动模式的更新和预测。

5. 如权利要求1所述的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,其特征在于,在所述空间特征重建单元中,利用经过训练的全连接神经网络得到大脑活动脑网络的空间分布和完整大脑活动信号预测。

6. 如权利要求1~5任一项所述的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,其特征在于,所述大脑信号包括局部场电位、脑电图、脑磁图、正电子发射断层成像、磁共振成像。

一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于大脑脑机接口领域,具体涉及一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法。

背景技术

[0002] 大脑作为人类最为复杂的器官,对其结构和功能的研究和探索备受关注。一直以来,神经科学的研究学者致力于对大脑的研究,利用不同的建模方法研究大脑对外界的信息或刺激信号的接收、编码、响应、以及大脑内部相互协同工作的脑网络的结构和活动模式。

[0003] 研究表明,在大脑接收到外界刺激、进行信号的传导、产生动作意识时,大脑神经元系统的电活动会发生相应的改变。脑机接口系统就是通过检测大脑的神经电信号的变化,分析大脑响应的特征信号,来检测大脑的活动状态的。进一步地,在大脑受到刺激产生活动时,脑部磁场、血氧浓度含量等都会产生相应的变化,于是可以通过脑磁图、磁共振成像等更多样、分辨率更高的数据获取手段,来检测更复杂的大脑活动。

[0004] 越来越多的证据表明,大脑功能是通过多种多样、同时进行的神经活动和大脑网络来实现的。目前已有多种假设驱动模型和数据驱动模型对大脑进行建模,包括一般线性模型(GLM)、主成分分析(PCA)、独立成分分析(ICA)和稀疏表达方法。同时,近年来,随着神经网络和深度学习方法的不断发展,卷积神经网络(CNN)、深度置信网络(DBN)、受限玻尔兹曼机(RBM)等模型也展现了深度学习方法在大脑活动检测上的优势。然而由于大脑的活动本质上为长时间的信号序列,目前针对大脑活动的检测模型大多数是单纯依据当前时刻或很短的时间内采集到的大脑信号预测下一时刻的活动状态,对大脑活动中的长期依赖关系还没有较为有效的研究方法。另一方面,在当前的医疗条件下,虽然可以采集到大量多种类型的大脑信号,但是对信号的标注工作需要大量有经验的影像科医师或研究人员,所以,对无标注信号的利用在脑科学研究中显得尤为重要。

[0005] 因此,提出一种基于无标注大脑信号的,并且能够有效利用长时间大脑信号序列的隐含信息进行大脑活动检测的方法,对大脑功能和活动的研究将是十分有意义的。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,通过对大脑信号的时序记忆循环处理、特征提取和自动重建,检测大脑活动的时间特征及脑网络的空间模式,为无标注信号数据上的大脑活动检测提供了有效方法。

[0007] 为实现上述发明目的,本发明提供以下技术方案:

[0008] 一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法,包括以下步骤:

[0009] 接收大脑信号,并对大脑信号进行预处理;

[0010] 以每一时刻的大脑信号作为输入矩阵,利用空间特征提取单元对输入的大脑信号进行降维处理,提取大脑信号的空间特征;

[0011] 利用深度循环编码单元对每一时刻的空间特征进行更新记忆,输出时序动态特征;

[0012] 利用深度循环解码单元对时序动态特征进行更新预测,输出预测的时序活动模式;

[0013] 利用空间特征重建单元对预测的时序活动模式进行重建映射,复原大脑信号。

[0014] 上述的大脑信号包括局部场电位 (Local Field Potential, LFP)、脑电图 (Electroencephalogram, EEG)、脑磁图 (Magnetoencephalography, MEG)、正电子发射断层成像 (Positron Emission Tomography, PET)、磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 等。

[0015] 采集的大脑信号受到心跳、呼吸、头部活动等的影响,会产生不同程度的噪声和偏移。对大脑信号进行预处理包括:颅骨去除、头动校正、切片时间校正、空间平滑、全局漂移消除、滤波和降噪、归一化等处理。

[0016] 空间特征提取单元主要对输入的每一时刻的大脑信号进行降维处理,提取空间特征,减小后续处理过程的数据量。在所述空间特征提取单元中,可以采用各类数学分析方法,如主成分分析、独立成分分析,也可采用经过训练的神经网络,如全连接神经网络、卷积神经网络、深度置信网络、受限玻尔兹曼机对输入大脑信号进行空间特征提取。进一步地,在所述空间特征提取单元中,采用经过学习的全连接神经网络进行空间特征提取,以利用较小的计算量获得较好的特征提取效果。

[0017] 深度循环编码单元主要对隐藏在每一时刻大脑信号中的时序活动进行记忆并不断更新,提取出大脑活动的时序动态特征。优选地,在所述深度循环编码单元中,利用经过训练的循环神经网络实现对大脑活动的时序动态特征的记忆更新和提取。

[0018] 深度循环解码单元主要利用有深度编码单元提取的时序动态特征,通过模拟真实的大脑活动和响应过程,对每一时刻的大脑活动进行预测和更新,得到大脑的时序活动模式。优选地,在所述深度循环解码单元中,采用经过训练的循环神经网络实现对大脑活动的时序活动模式的更新和预测。

[0019] 空间特征重建单元主要用于将深度循环解码单元预测的时序活动模式中每一时刻的活动状态映射回实际大脑信号空间,得到所有时间序列上完整的大脑活动信号预测。同时,空间特征重建单元中的每一个元素,都代表了一个大脑活动脑网络的空间分布,可用于可视化,直观的表现出大脑活动脑网络的空间特性。优选地,在所述空间特征重建单元中,利用经过训练的全连接神经网络得到大脑活动脑网络的空间分布和完整大脑活动信号预测。

[0020] 本发明具有的有益效果为:

[0021] 本发明可以利用无标注的大脑信号数据,充分挖掘大脑时序信号中隐含的特征活动模式,对大脑的活动状态和脑网络进行检测和预测。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动前提下,还可以根

据这些附图获得其他附图。

[0023] 图1为本发明提供的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法的系统结构示意图；

[0024] 图2为本发明提供的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法的工作原理图；

[0025] 在图1和图2中，(a) 为大脑信号，(b) 为信号处理单元，(c) 为空间特征提取单元，(d) 为深度循环编码单元，(e) 为提取的时序动态特征，(f) 为深度循环解码单元，(g) 为空间特征重建单元，(h) 为复原的大脑信号。

具体实施方式

[0026] 为使本发明的目的、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的详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施方式仅仅用以解释本发明，并限定本发明的保护范围。

[0027] 图1为本发明提供的基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法的实现系统结构示意图，该系统依次包括信号处理单元、空间特征提取单元、深度循环编码单元、深度循环解码单元以及空间特征重建单元。图2为本发明的工作原理图，其为图1在时间维度的展开。从图2可以看到，深度循环编码单元和深度循环解码单元在时间维度上是相联系的，当前时刻的动态特征由当前时刻的信号和之前时刻的动态特征共同决定。

[0028] 假设可以从M个大脑位置采集到信号，每个位置共采集到T个时间长度的信号。对原始大脑信号进行颅骨去除、头动校正、切片时间校正、空间平滑、全局漂移消除、滤波和降噪、归一化处理后，可得到信号矩阵S，S的维度为 $N \times T$ ，其中t时刻的信号向量为 S_t ，T个时刻的信号向量按照时间顺序依次输入到空间特征提取单元，提取到每一时刻的信号空间特征向量 A_t 。

[0029] 之后，将提取得到的空间特征向量 A_t 按照时间顺序输入到深度循环编码单元，同时，前一时刻深度循环编码单元输出的动态特征向量 F_{t-1} 也被输入到深度循环编码单元。应当说明的是，前一时刻深度循环编码单元输出的动态特征向量 F_{t-1} 是由之前所有时刻的信号累积共同决定的。由所有时刻时序动态特征向量组成的时序动态特征矩阵F中的每一个维度，都代表一种时序动态特征。

[0030] 类似地，将提取的时序动态特征输入深度循环解码单元和空间特征重建单元，可复原大脑信号。在复原大脑的信号的过程中，空间特征重建单元通过不断地迭代更新，可以找到用于复原大脑信号的最优权重矩阵W，同时W中的每一个权重向量所表示的就是大脑活动过程中的一个脑网络的空间分布。

[0031] 本实施例中，空间特征提取单元使用的是包含128个神经元的全连接神经网络，深度循环编码单元和深度循环解码单元采用2层结构的循环神经网络，其中每层循环神经网络包含64个长期短时记忆单元(LSTM)或门控循环单元(GRU)。本例实施中对时序动态特征F的维度设置为32，表明在实施过程中可同时对32个动态特征进行检测。空间特征重建单元使用的是包含32~128个神经元的全连接神经网络，表明在实施过程中可对32~128个脑网络进行检测。

[0032] 上所述的具体实施方式对本发明的技术方案和有益效果进行了详细说明，应理解的是以上所述仅为本发明的最优选实施例，并不用于限制本发明，凡在本发明的原则范围

内所做的任何修改、补充和等同替换等,均应包含在本发明的保护范围之内。

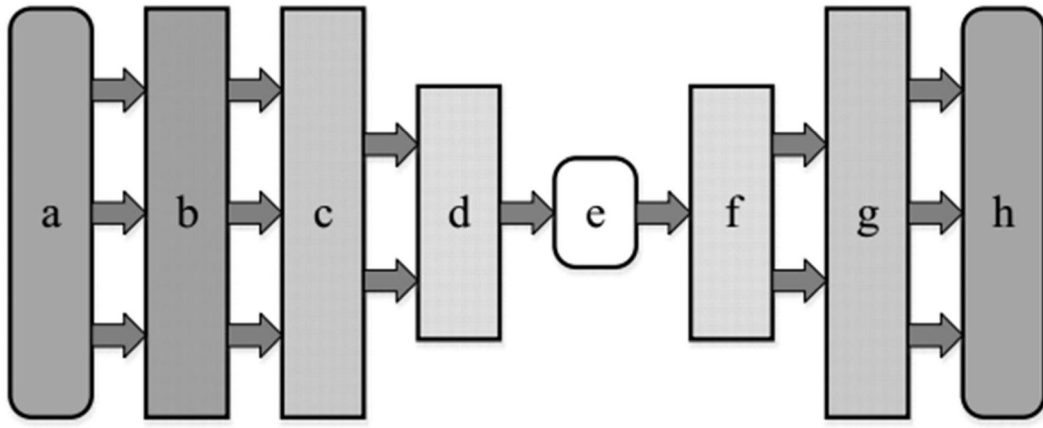


图1

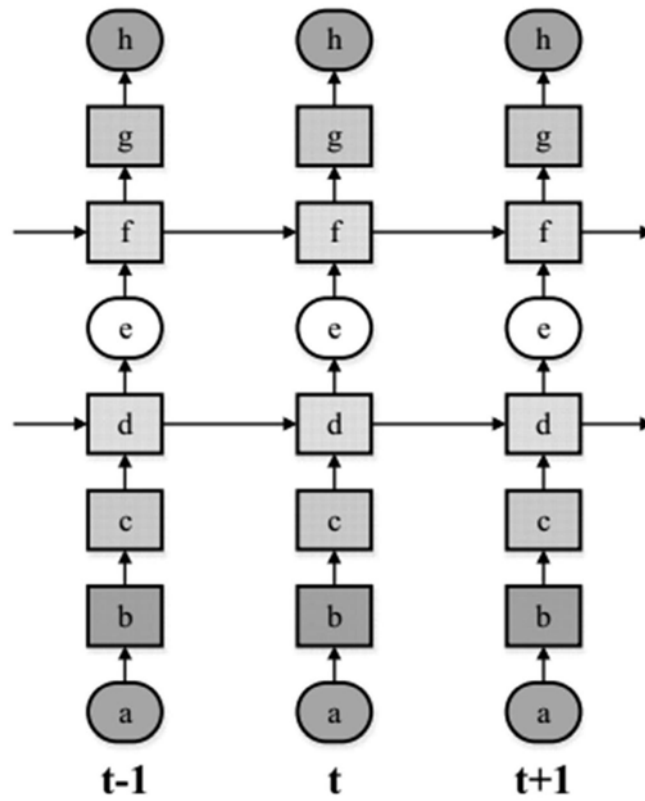


图2

专利名称(译)	一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法		
公开(公告)号	CN110393525A	公开(公告)日	2019-11-01
申请号	CN201910526926.7	申请日	2019-06-18
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学		
申请(专利权)人(译)	浙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学		
[标]发明人	陈耀武 崔彦 谢立		
发明人	陈耀武 崔彦 谢立		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/055 A61B5/04 A61B6/03 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04 A61B5/04008 A61B5/0476 A61B5/055 A61B5/4064 A61B5/7235 A61B5/7264 A61B6/037		
代理人(译)	曹兆霞		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于深度循环自编码器的大脑活动检测方法，包括：接收大脑信号，并对大脑信号进行预处理；以每一时刻的大脑信号作为输入矩阵，利用空间特征提取单元对输入的大脑信号进行降维处理，提取大脑信号的空间特征；利用深度循环编码单元对每一时刻的空间特征进行更新记忆，输出时序动态特征；利用深度循环解码单元对时序动态特征进行更新预测，输出预测的时序活动模式；利用空间特征重建单元对预测的时序活动模式进行重建映射，复原大脑信号。该大脑活动检测方法通过对大脑信号的时序记忆循环处理、特征提取和自动重建，检测大脑活动的时间特征及脑网络的空间模式，为无标注信号数据上的大脑活动检测提供了有效方法。

