



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110960191 A

(43)申请公布日 2020.04.07

(21)申请号 201911196895.X

(22)申请日 2019.11.29

(71)申请人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2
号大街

(72)发明人 高云园 高博 王翔坤 朱涛
席旭刚 马玉良

(74)专利代理机构 杭州君度专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33240

代理人 杨舟涛

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类
方法

(57)摘要

本发明公开一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法。具体步骤为将癫痫脑电信号经过小波消噪,先进行功率谱密度分析。通过对每个通道脑电信号进行PSD分析,并绘制二维图像功率谱能量图。进行四类癫痫状态的分类分别为发作间期,发作前30分钟,发作前10分钟和发作时。本发明基于深度卷积神经网络,利用Inception-v3,提出基于深度卷积神经网络癫痫脑电信号的分类预测算法。本发明更进一步提高了癫痫脑电信号的分类准确率,增加了预测癫痫发作前的时间,能更准更快地对癫痫进行预测和分类。



1. 一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法,该方法包括如下

步骤(1):采集癫痫患者的多通道头皮脑电信号;

步骤(2):对癫痫EEG信号进行预处理:

记录采集的EEG数据中癫痫发作的时间,并将EEG数据分为四类,依次为发作间期、发作前30分钟、发作前10分钟、发作期;

对癫痫EEG信号先进行消噪处理;

步骤(3):将消噪后的1维EEG数据转换为2维EEG多通道的矩阵数据:

将n个通道的头皮脑电EEG信号进行频率谱分析;通过对每个通道的脑电信号求出功率谱密度周期图,并将脑电信号等分为32个频段,不同频段的PSD函数进行积分,组成一个 $n \times 32$ 的二维矩阵;将得到的二维矩阵进行归一化处理,并生成图片;

步骤(4):创建深度卷积神经网络:

将Inception-v3网络作为特征提取网络,将输入大小为 $299 \times 299 \times 3$ 的图像转为2048维的特征向量,通过全连接层进行降维,并在每个全连接层后面添加dropout层,dropout层参数设置为0.5,防止过拟合,最后再接softmax分类器;加载预训练权重,训练时更新整个网络的参数;

步骤(5):通过深度卷积神经网络的特征提取后,根据softmax层输出结果判断癫痫EEG处于哪一时期,对发作时进行报警,也可以对判断到为癫痫发作前状态进行警告。

2. 根据权利要求1所述的一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法,其特征在于:步骤(2)中为了得到无噪声的EEG,选择小波消噪对原始EEG中的眼电伪迹进行消噪,消噪处理采用了db6小波进行6层分解;消除消噪处理后的EEG数据中有电力线干扰的47-53Hz的信号。

一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用频谱能量图的癫痫脑电信号新型特征提取及分析方法,特别是基于癫痫患者多通道脑电信号 (Electroencephalogram, EEG) 的不同时期进行分类,属于智能模式识别技术领域。

背景技术

[0002] 癫痫是一种突然、反复发作的大脑功能障碍慢性病,由于大脑异常电活动的起始部位及传播方式不同,导致癫痫临床表现复杂多样,包括短暂的感觉障碍、肢体抽搐、意识丧失、行为障碍等,对患者身体、精神带来严重损伤。脑电信号包含着大脑活动的重要信息,基于脑电信号的癫痫发作预测、诊断和治疗,已被证实其有效性和可行性。

[0003] 癫痫EEG的特征可以通过时域、频域、时频域和非线性动力学分析提取,在癫痫患者的脑电信号中,不同时段EEG具有不同的特征,所以可以通过找到这些不同的特征来判断某一时刻EEG的类别。

[0004] 近年来,深度学习也越来越普遍的用于医学图像和生物电信号的处理,在拥有大量数据的情况下深度学习的表现超越了传统的特征提取加机器学习。虽然癫痫的研究已经比较广泛,也有深度学习对癫痫的分析,但考虑对脑电信号多通道分析的较少,对癫痫发作前预测的准确率较低,并且癫痫发作的预测不能对发作前的较远时间预测,虽然能够预测癫痫的发作,但因为距离发作时间太短,会延误病患的治疗时间。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术的不足,为了提高现有癫痫EEG分类的准确率,以及预测癫痫发作前的时间,对发作前更早的时间进行预测,更早的预测可以使病患及医生得到更充足的时间对癫痫治疗;提出了一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法。

[0006] 本发明提出一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法,步骤如下:

[0007] 步骤(1):采集癫痫患者的多通道头皮脑电信号;

[0008] 步骤(2):对癫痫EEG信号进行预处理:

[0009] 记录采集的EEG数据中癫痫发作的时间,并将EEG数据分为四类,依次为发作间期、发作前30分钟、发作前10分钟、发作期;

[0010] 对癫痫EEG信号先进行消噪处理;采用小波阈值消噪方法进行消噪;这里消噪处理采用了db6小波进行6层分解;消除消噪处理后的EEG数据中有电力线干扰的47-53Hz的信号;

[0011] 步骤(3):将消噪后的1维EEG数据转换为2维EEG多通道的矩阵数据:

[0012] 通过功率谱密度(power spectral density, PSD)分析,将脑电数据为n维通道,通过对每个通道的脑电信号进行PSD分析得到脑电信号生成的生成“周期图”。并将脑电信号等分为32个频段,不同频段的PSD函数进行积分,组成一个 $n \times 32$ 的二维矩阵;将得到的二维矩阵进行归一化处理,并生成图片;

[0013] (4) 创建深度卷积神经网络:

[0014] 使用Inception-v3网络,将大卷积核分解为小卷积核叠加来减少计算量,同时增强了特征的非线性表达。如将 5×5 的卷积核分解为两个 3×3 的卷积核,计算量变为原来的减少了 $7/25$ 的计算量。此外,将 $n \times n$ 的卷积分解为 $1 \times n$ 和 $n \times 1$ 的卷积可以进一步减少计算量。

[0015] 将Inception网络作为特征提取网络,将输入大小为 $299 \times 299 \times 3$ 的图像转为2048维的特征向量,全连接层进行降维,并在每个全连接层后面添加dropout层,参数设置为0.5,防止过拟合,最后再接softmax分类器

$$[0016] \quad P(S_i) = \frac{e^{g_i}}{\sum_k^n e^{g_k}} \quad (1)$$

[0017] 其中k表示分类个数,i表示k中的某个分类, g_i 表示该分类网络输出的值,softmax将每个类别的输出概率变换到了(0,1)区间内加载预训练权重,训练时更新整个网络的参数。

[0018] (5) 利用训练得到模型对测试集进行测试,本文评价分类效果的统计指标包括准确性(accuracy, acc)、敏感性(sensitivity, sen)和特异性(specificity, spe)。定义的真阳性(True Positive, TP)段的数量是预测为阳性,实际也为阳性;真阴性(Ture Negative, TN)是预测为阴性,实际也为阴性;假阳性的数量(False Positive, FP)是预测为阳性,实际为阴性和假阴性(False Negative, FN)是预测为阴性,实际为阳性。在基于事件的评估中,acc定义为四种类型分类的准确率;sen定义为通过检测不同状态下的脑电片段的成功次数。

$$[0019] \quad acc = \frac{TP + TN}{P + N} \quad (2)$$

$$[0020] \quad sen = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$[0021] \quad spe = \frac{TN}{FP + TN} \quad (4)$$

[0022] (6) 通过深度卷积神经网络的特征提取后,根据softmax层输出结果判断癫痫EEG处于哪一时期,对发作时进行报警,也可以对判断到为癫痫发作前状态进行警告。

[0023] 本发明相对现有技术具有效果:

[0024] 本发明更进一步提高了癫痫脑电信号的分类准确率,更有利于癫痫的预测及预防。

附图说明

[0025] 图1为癫痫EEG的分类流程图。

[0026] 图2(a)为不同阶段的PSD曲线图

[0027] 图2(b)为不同阶段的频谱能量示意图。

[0028] 图3为Inception-v3网络图。

具体实施方式

[0029] 为了更好的提取EEG的特征并更好的进行分类判断,本发明主要在EEG的特征提取上进行改进。本发明提出了使用PSD分析将多通道EEG进行转换为2维频谱能量图,提取特征后再使用深度卷积神经网络进一步进行特征提取。最后使用softmax对其进行分类,将癫痫患者的EEG分为四个阶段,对发作期进行报警,对发作前30分钟,发作前10分钟的EEG进行预警。

[0030] 具体的基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法流程图如图1所示,本发明提出一种基于PSD分析的EEG转换为二维频谱能量特征并进行深度卷积神经网络的特征提取方法,基基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法分为以下步骤:

[0031] 步骤1、癫痫患者EEG采集,对停用抗癫痫药后几天后对受试者进行监测,对患者进行48小时连续的测量,患者佩戴有多个电极的脑电信号采集帽,使用EEG电极位置和命名以国际10-20系统脑电极分布。所有信号均以采样频率256Hz的速度以16位分辨率进行采样,使用双导联方式对选择23个通道进行采集,分别为FP1-F7、F7-T7、T7-P7、P7-O1、FP1-F3、F3-C3、C3-P3、P3-O1、FP2-F4、F4-C4、C4-P4、P4-O2、FP2-F8、F8-T8、T8-P8、P8-O2、FZ-CZ、CZ-PZ、P7-T7、T7-FT9、FT9-FT10、FT10-T8、T8-P8。长时间脑电信号测量,可以得到癫痫患者在癫痫不同阶段的EEG,从而得到实验需要的EEG数据。

[0032] 步骤2、记录采集的EEG数据中癫痫发作的时间,并将EEG数据按时间分为四类,依次为发作间期、发作前30分钟、发作前10分钟、发作期,需要对癫痫EEG先进行消噪处理。采用小波阈值消噪方法进行消噪。这里采用了db6小波进行6层分解。

[0033] 步骤3、将消噪后的1维EEG数据转换为2维EEG多通道的矩阵数据。通过频率谱分析,将脑电数据为n维通道,通过对每个通道的脑电信号进行PSD分析通过下式得到脑电信号生成的生成“周期图”,不同频段下EEG的PSD能量不同,具体如图2,将脑电信号等分为32个频段,不同频段的PSD函数进行积分,组成一个 $n \times 32$ 的二维矩阵,数据中有电力线干扰的50Hz左右的信号放弃。将得到的二维矩阵进行归一化处理,并生成图片。

[0034] 步骤4、创建深度卷积神经网络。使用Inception-v3网络,如图3将大卷积核分解为小卷积核叠加来减少计算量,同时增强了特征的非线性表达。在Inception-v3中,将大卷积核分解为小卷积核叠加来减少计算量,同时增强了特征的非线性表达。如将 5×5 的卷积核分解为两个 3×3 的卷积核,计算量变为原来的减少了 $7/25$ 的计算量。此外,将 $n \times n$ 的卷积分解为 $1 \times n$ 和 $n \times 1$ 的卷积可以进一步减少计算量。本文将Inception网络作为特征提取网络,将输入大小为 $299 \times 299 \times 3$ 的图像转为2048维的特征向量,全连接层进行降维,并在每个全连接层后面添加dropout层,参数设置为0.5,防止过拟合,最后再接softmax分类器,其中k表示分类个数,i表示k中的某个分类, g_i 表示该分类网络输出的值,softmax将每个类别的输出概率变换到了(0,1)区间内。加载预训练权重,训练时更新整个网络的参数。

[0035] 步骤5、用本发明提出的方法对测试集进行测试,并与传统的方法进行测试,对结果进行评价和比较。

[0036] 表1本发明方法与传统方法进行对比

		acc	sen	spe
[0037]	小波变换提取特征+SVM	85%	75%	94.5%
	PSD 频谱能量图+ Inception-v3	95%	94.9%	98.1%

[0038] 通过表1,本发明提出的算法对癫痫脑电信号的预测分类有更好的性能。在准确率,敏感度,特异度方面超越了传统的特征提取加机器学习算法。本发明可以将脑电信号多通道不同频率的能量强弱明显的表示出来。再通过Inception-v3网络进行特征提取并通过softmax进行分类,可以得到优秀的分类性能。对发作前的癫痫脑电信号也有较好的分类性能,可以通过该算法,较为准确的判断出发作前10分钟和发作前30分钟的脑电信号,并做出预警。更有利于癫痫的预测,可以使患者或医生更好了解病情并及时的治疗或预防。

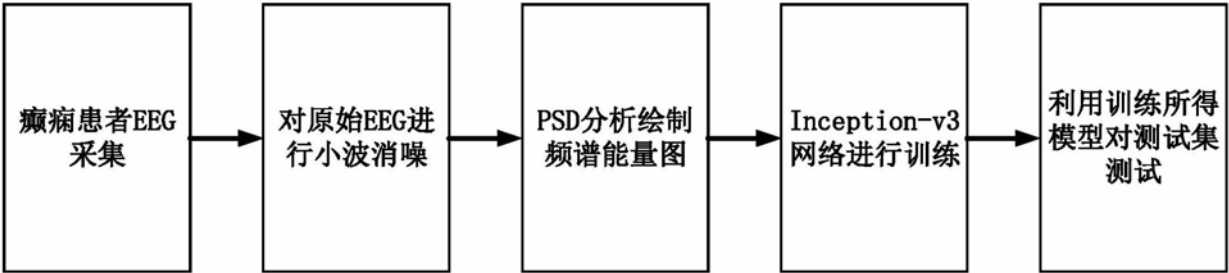


图1

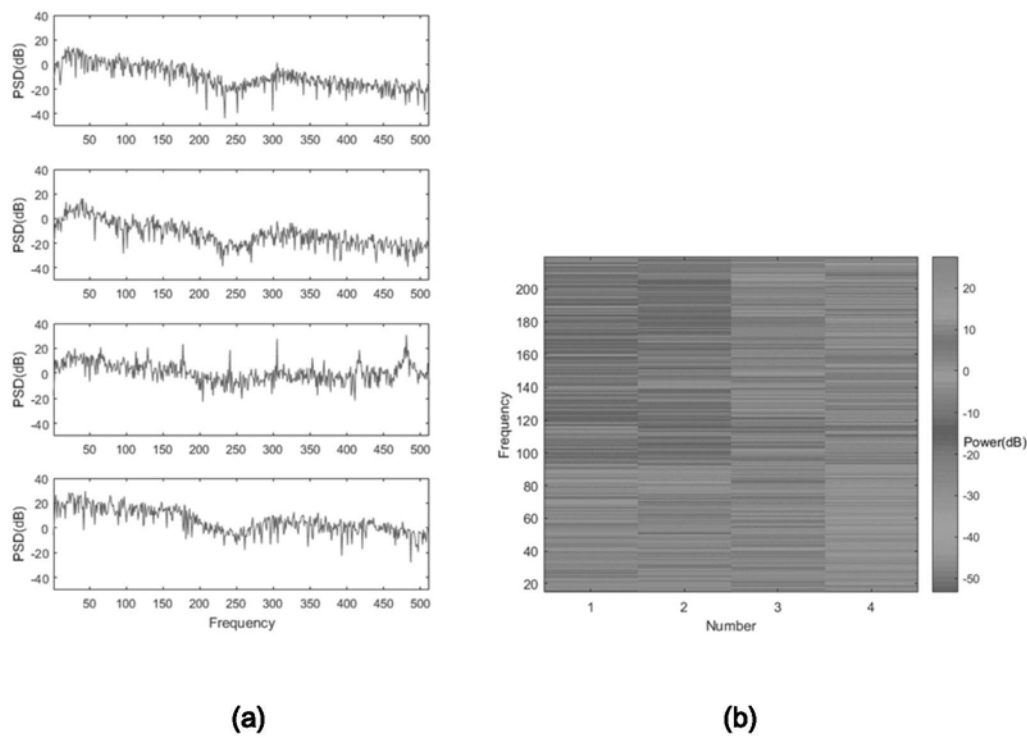


图2

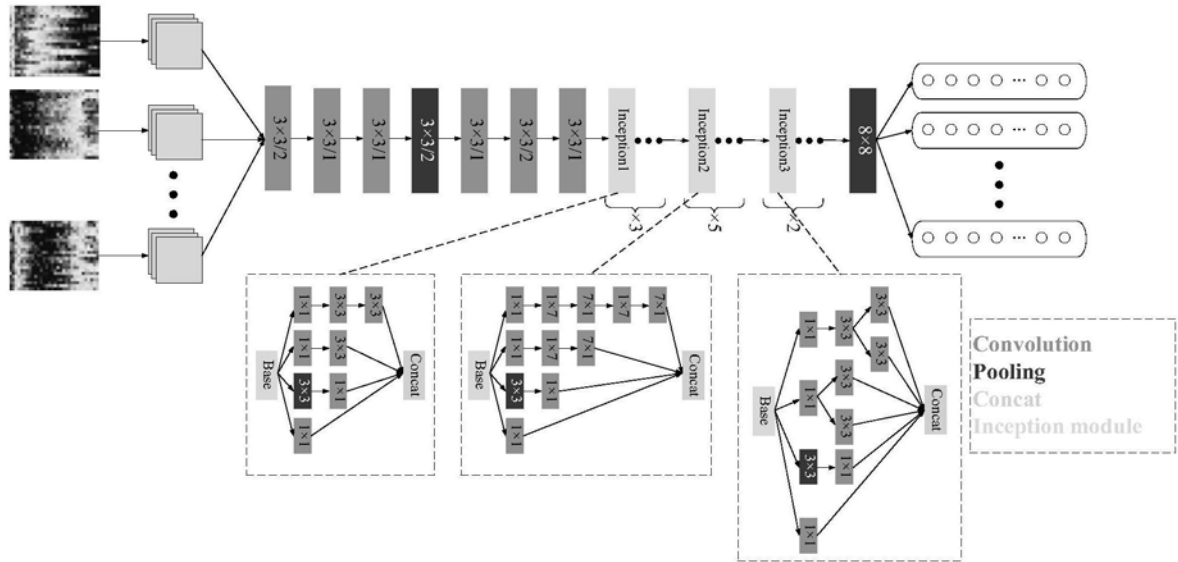


图3

专利名称(译)	一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法		
公开(公告)号	CN110960191A	公开(公告)日	2020-04-07
申请号	CN201911196895.X	申请日	2019-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	杭州电子科技大学		
申请(专利权)人(译)	杭州电子科技大学		
当前申请(专利权)人(译)	杭州电子科技大学		
[标]发明人	高云园 高博 王翔坤 朱涛 席旭刚 马玉良		
发明人	高云园 高博 王翔坤 朱涛 席旭刚 马玉良		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/0476		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/4094 A61B5/7203 A61B5/7267		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开一种基于频谱能量图的癫痫脑电信号分类方法。具体步骤为将癫痫脑电信号经过小波消噪，先进行功率谱密度分析。通过对每个通道脑电信号进行PSD分析，并绘制二维图像功率谱能量图。进行四类癫痫状态的分类分别为发作间期，发作前30分钟，发作前10分钟和发作时。本发明基于深度卷积神经网络，利用Inception-v3，提出基于深度卷积神经网络癫痫脑电信号的分类预测算法。本发明更进一步提高了癫痫脑电信号的分类准确率，增加了预测癫痫发作前的时间，能更准更快地对癫痫进行预测和分类。

