|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Learning Temporal Information for Brain-Computer Interface Using Convolutional Neural Networks |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems |
| **种类** | MI分类框架 |
| **方法** | 在本文中，提出了一个MI数据的分类框架，通过引入数据的新时间表示，并利用卷积神经网络（CNN）架构进行分类。新的表征是通过修改滤波组的共同空间模式方法产生的，CNN也针对该表征进行了相应的设计和优化。 |
| **结果** | 通过与多种分类方法比较，提出的方法在kappa和准确性方面都具有优异的性能。此外分析表明，其结果不是来自随机矩阵乘法，网络确实从输入的脑电图数据中学习了一些东西，证明了网络结构对脑电图有意义。可视化架构进一步验证了网络从数据中学习了重要的关系，并能够构建一个感知到的输入，这与原始数据类似。 |
| **个人观点** | 本文的结果确定了DL在脑电图中的应用的两个重要事实。输入DL框架的信号的表示很重要，以前的方法仅仅基于能量值忽略了有价值的时间信息。在考虑新的表示时，处理信息的方式也必须更新，因为新的表示需要新的处理方法；第二个重要事实就是DL方法可以用于脑电图信号分类，并可以产生优于其他方法如SVM和MLP的结果，因此提出的方法将来可以推广到医疗应用和/或不同类型的EEG记录中。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | A New Discriminative Common Spatial Pattern Method for Motor Imagery Brain–Computer Interfaces |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Biomedical Engineering |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 本文提出了一种新的判别性滤波器组（FB）共同空间模式算法（DBFCSP），以提取特定主体的FB用于MI分类，该方法是从一组滤波器中提取特定主体的鉴别性频段，父滤波器是用系数抽取（CD）设计，选择EEG通道C3和C4，以确定特定主体的鉴别性频率成分在频带选择过程中，父辈FB对C3或C4的EEG进行过滤，过滤后的EEG的fisher比率被用来确定特定主体的鉴别性频段。一旦选定了特定主体的频段，所有通道的EEG都被过滤，使用这些鉴别性频段进行进一步CSP处理。支持向量机（SVM）分类器被用来评估输出 |
| **结果** | 实验结果表明，提出的方法提高了BCI比赛III数据集IVa和比赛IV数据集IIb的分类精度。与现有FBCSP提供的性能相比，拟议的算法为BCI比赛数据集III和IV分别提供了17.42%和8.9%的错误率降低。 |
| **个人观点** | 其提出方法是一种获得特定主体的判别性FB（DFB），而不是对所有主体使用固定的FB。是通过通道C3或C4的频谱功率的Fisher比率来确定所有科目的最具鉴别性的频段。其初步结果是有希望的，因此可以对大量受试者进行更广泛的测试，以及将拟议方法用于在线适应， |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | On the Automated Removal of Artifacts Related to Head Movement From the EEG |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | EEG伪影去除 |
| **方法** | 本文提出了去除EEG中与头部运动相关的伪影的方法。该方法将加速度计放置在头部的中心，用于记录头部在x、y和z维度上相对于加速度计的起始位置和方向的运动。然后使用独立分量分析(ICA)来识别EEG中在统计上最大程度上彼此独立的分量。然后，与加速度计信号相关的高于某个阈值的分量被标记为移除，并从剩余分量中重建干净的EEG。 |
| **结果** | 实验表明，通过分析测量伪影去除前后的信号质量指数和ERD强度来验证，这两者都表现出显著的改善，并且检查伪影消除前后的ERD/S图发现，在μ频段和0–6S的时间范围内，噪声降低，显著的ERD/S模式外观变得清晰， |
| **个人观点** | 该方法目前适用于整个信号，对于超过5分钟记录的EEG，ICA方法将应用于整个信号集。因此可以改进该方法，以便在更短的时间窗口内应用。这可以通过例如在长周期的EEG上训练ICA混合矩阵，然后在在线BCI操作期间将训练的混合矩阵应用于短得多的时间窗来完成。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | Semi-Asynchronous BCI using Wearable Two-Channel EEG |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems |
| **种类** | BCI性能 |
| **方法** | 本研究提出了一个具有离散和连续反馈的双通道半异步MI BCI系统。实验可分为离散反馈训练阶段和连续反馈测试阶段，前者用于收集数据以构建分类器，后者采用实时反馈作为自定步控制以提高想象能力和减少控制时间。另外，为了便于佩戴和用户使用，系统只需要两个脑电信号检测通道。 |
| **结果** | 实验结果表明，在双通道MI BCI系统中，连续反馈成功地提高了想象能力并减少了一次尝试的控制时间。提出的方法可以将命令生成时间减少到大约3.77 s，同时保持大约69.1%的准确性。此外，提出的系统是一个非侵入性和可穿戴的BCI，它提高了最新脑机接口的实用性和操作便利性。 |
| **个人观点** | 之前提出的同步机制在许多BCI研究，它需要总共8s的时间窗口。然而，对于一个实时控制系统来说，8s的时间太长了。在该研究中，提出的半异步机制确保了单次试验的时间间隔的灵活性。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Filter Bank Regularized Common Spatial Pattern Ensemble for Small Sample Motor Imagery Classification |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | CSP应用 |
| **方法** | 本文提出了一种滤波组正则化CSP集成（FBRCSP）对小样本MI分类的方法，其同时解决对频带的依赖性和基于样本的协方差估计的方法。提出的方法由五个步骤组成，首先，脑电图被一个由五阶Butterworth带通滤波器组成的滤波器组分割。第二，R-CSP适用于被滤波器组分割的信号。第三，我们使用单个特征（MIBIF）算法，根据相互信息选择特征对。第四，选择参数集供合奏使用。最后，使用基于特征集合体对特征进行分类。 |
| **结果** | 实验结果表明，与CSP、SR-CSP、R-CSP、FBCSP、SR-FBCSP和FBRCSP(β,γ)相比，所提出的方法在运动图像脑电中显示了更好的分类性能。特别是，所提出的方法在SSS中表现出更大的性能，并且证实了控制来自滤波器组的信号的偏差和方差之间的权衡对BCI系统的性能有很大影响。 |
| **个人观点** | 本文提出的一种集成的方法，同时解决CSP频带的依赖性和基于样本的协方差估计，还通过集合法解决了参数集选择方法的缺点。另外，所提出的方法的测试时间很短，一次试验所需的测试时间不到0.01秒，如果训练是离线进行的，之后再进行在线测试，可以克服耗时问题。因此，这种集合技术有助于得出稳定的分类结果。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | EEG-Based Spatio–Temporal Convolutional Neural Network for Driver Fatigue Evaluation |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems |
| **种类** | EEG分类 |
| **方法** | 本文基于多通道脑电图（EEG）信号的空间-时间结构，开发了一种新型的基于EEG的空间-时间卷积神经网络（ESTCNN）来检测驾驶员疲劳。该框架强调每个电极的时间依赖性学习，并加强了空间信息提取。其在脑电信号分类任务中具有有效的性能。首先，引入了在时间依赖性提取方面具有一定优势的核心块，然后将其与密集层相结合，以满足脑电信号的空间-时间信息。其次，它在推理过程中不断减少数据维度，从而产生了计算效率和参考响应。 |
| **结果** | 实验表明，ESTCNN模型在整个数据集上稳定有效，并且所有准确率都超过92%。平均准确率达到97.37%，标准差为3.30%。为了深入探索该方法在识别任务中的时空能力，还将该方法与几种常用的结构和其他已有的工作进行了比较，结果表明，两个代表值对保留跨空间维度的有效信息更为有力。作为调整后的模型，我们的ESTCNN提供了97.37%的准确性，超过CNN-B超过4%。这表明整体结构有利于基于EEG的疲劳评估，其中的核心区块可以增强时间信息的提取。 |
| **个人观点** | 结果是决定性的，ESTCNN方法在准确性和方差方面有相当大的优势。通过应用核心块和密集层来减少时间维度，它被设计为从多通道EEG信号中学习表征。由于模型的数据驱动性质，开发的ESTCNN模型保持了足够的灵活性，以解决许多种基于脑电的识别任务，若将所提出的方法扩展到许多领域，如多源信息融合任务，将是一个巨大的潜力。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | A Convolutional Neural Network for the Detection of Asynchronous Steady State Motion Visual Evoked Potential |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | SSMVEP检测 |
| **方法** | 本文提出了一种新的卷积神经网络（CNN）来检测SSVEP-BCI系统中的IC和NC状态，选择了稳态运动视觉诱发电位（SSMVEP）范式作为实验范式。为检测IC和NC状态提出了两条处理方法，第一个是使用CNN作为多类分类器来区分IC和NC状态的所有状态（FFT-CNN）。第二个是使用CNN来区分IC和NC状态，并使用典型相关分析（CCA）来执行IC内的分类任务（FFT-CNN-CCA），此外，批量标准化（BN）被诱导以提高网络的泛化能力。 |
| **结果** | 结果表明：1）所提出的基于CNN的方法能够检测NC和所有IC状态；2）在使用传统方法时，为基线性能低的参与者提供了明显的优势。此外，在健康受试者的数据中，CCA-KNN显示出比CCA-THD稍好的性能。结果也很明显，与健康参与者的数据相比，中风患者的数据显示出较差的分类准确性，而FFT-CNN-CCA方法在中风患者中的表现明显优于传统方法。 |
| **个人观点** | 本文提出使用CNN来实现异步SSVEP-BCI或SSMVEP-BCI，可以提供更好的性能，因此，所提出的基于CNN的方法是开发健康参与者和中风患者的异步SSMVEP-BCI系统的合适人选。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | CNN-Based Prognosis of BCI Rehabilitation Using EEG From First Session BCI T raining |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 本文提出了基于BCI训练任务第一节期间运动状态EEG的功率谱和功能连接的中风患者双输入CNN预后模型。使用从第一次BCI培训中收集的脑电来回归BCI治疗的恢复程度，通过EEG功能连通性和EEG功率谱来预测患者的恢复率，并通过留一法交叉验证进行验证。 |
| **结果** | 结果表明，所提出的模型实现了患者FMU的准确预测(决定系数为0.98，均方根误差为0.89)。此外，显著图的结果似乎与生理特征与恢复之间关系的现有文献一致，为基于提出的模型进一步研究恢复的影响因素和潜在机制提供了临床支持 |
| **个人观点** | 该模型使用了Adam优化器，使得CNN模型将有能力以自适应速率从大型训练数据集中自动学习多个特征。此外，采用的多输入CNN模型，一方面扩大了对所有相关因素的覆盖范围，另一方面就是卷积运算符能够处理需要移位不变方法的问题。有了准确的量化预测结果，该模型还可以整合到一系列有前景的治疗中，可能导致个性化的康复系统。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | Probability mapping based artifact detection and removal from single-channel EEG signals for brain–computer interface applications |
| **期刊/等级** | Journal of Neuroscience Methods |
| **种类** | 伪影去除 |
| **方法** | 本文提出了一种基于概率映射的方法来消除脑电信号中的脑电伪迹，最适合单通道BCI应用。该方法考虑了常见的伪影特征，以便将伪影时期与背景脑电图节律区分开来。统计测量包括熵（测量不确定性）、峰度（测量峰值）、偏度（测量对称性）和周期性波形指数、PWI（测量周期性）。还使用适当的概率阈值来决定是否在一个时期上应用伪影去除方法。此外还提出了一种基于小波的伪影去除方法，。 |
| **结果** | 量化结果表明，该方法不仅具有令人满意的去伪影性能，而且显著改善了BCI输出性能。 |
| **个人观点** | 虽所提出的方法已被用于离线分析，但经过一些修改，它可用于在线EEG伪影去除。目前工作的局限性之一是所提方法的辨别能力仍需提高，对真实伪影的去除能力仍然不足，因此可以进行更多的实验来捕捉不同的伪影，然后与背景EEG信号进行比较来确定其特征。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | A Transform-Based Feature Extraction Approach for Motor Imagery Tasks Classification |
| **期刊/等级** | IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 本文提出了一种信号相关的线性正交变换，为LP-SVD变换。该变换仅使用AR模型参数而不像PCA那样使用数据样本形成变换矩阵。本文使用这种变换将脑电图数据映射到一个新的域，其中只有少数的谱系数(也称为变换系数、扩展系数或分数)包含了信号的大部分能量。利用这些变换系数的子集，结合LP系数和误差方差作为特征来进行分类。此外，描述了一种基于顺序向前选择（SFS）相关的包装器的通道选择方法，该方法根据信道对分类器整体精度的贡献来添加信道。 |
| **结果** | 实验结果表明，将所提出的方法（LP-SVD）与最先进的特征提取方法进行比较（离散余弦变换（DCT）和基于自适应自回归（AAR））。LP-SVD方法取得了67.35%的准确率，优于其他两种方法（DCT:42.54%;AAR:61.16%）,此外，基于扩大的特征集和通道选择方法的EEG分类性能与之前报道的BCI IIIa竞赛数据集的一些最先进的分类方法进行了比较，拟定方法平均准确率为81.38%，性能较优。 |
| **个人观点** | 该变换将映射定义为LP系数滤波器脉冲响应矩阵的左奇异向量，使用了基于逻辑树的模型分类器。此外将通道选择过程作为分类算法的一部分，并通过包括Q统计量和Hotelling的T 2统计量来扩展了特征向量，在通道数量上得到优化，使BCI性能得到改善。 |