|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Regularized Common Spatial Pattern With Aggregation for EEG Classification in Small-Sample Setting |
| **期刊/等级** | IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING |
| **种类** | CSP扩展 |
| **方法** | 本文提出解决SSS中用于EEG信号分类的判别性CSP提取问题的方法。CSP使用两个正则化参数，一个用于降低估计方差，另一个用于减少估计偏差。正则化过程中采用了通用学习的原则。在脑电信号分类中通过R-CSP确定正则化参数时采用聚集策略，将一些不同的正则化CSP结合起来得到一个基于集合的解决方案。 |
| **结果** | 实验表明，R-CSP-A算法优于经典的CSP算法，CCR平均提高6%。R-CSP-A相对于CSP的优势在M值较小的情况下更为明显，在所有的平均情况下，R-CSP-A优于R-CSP-CV，说明了所提出的聚合方案比传统的交叉验证有效。 |
| **个人观点** | 由于R-CSP-A是多个R-CSP的聚合，R-CSP-A的计算时间大约是CSP的A倍。 然而，每个R-CSP只涉及非常少的特征，因此增加的计算时间将导致现代计算机系统的性能下降。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | Discriminative Feature Extraction via Multivariate Linear Regression for SSVEP-based BCI |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | Ssvep特征提取 |
| **方法** | 本文提出了一种利用时空特征提取和多元线性回归(MLR)学习判别性SSVEP特征的新方法，以提高检测精度。通过对每个类的训练数据进行向量化标记，构造了一个标签矩阵。利用主成分分析进行降维处理后，对训练数据和构造的标签矩阵进行MLR，寻找最优判别子空间。 |
| **结果** | 实验表明，与CCA和MCCA相比，MLR方法在所有时间窗口的平均精度更高。随着时间窗长度的减少，MLR方法的精度提高变得更加明显。另外，MLR方法即使在很短的时间窗(0.5 s)也能得到可分辨的特征分布，随着时间窗长度的增加，特征可辨性继续增加。 |
| **个人观点** | MLR方法不仅可以提高基于ssvep的BCI的实时性，还可以提高其实用性。该方法仅在4个刺激频率上验证了其有效性，就能用于可靠的分层菜单系统或二维方向控制，其采用了简单的k-NN分类器进行目标识别。虽然k-NN获得了良好的结果，但使用更复杂的分类器可以进一步提高SSVEP对MLR投影特征的检测精度，因此未来可以对其分类器进行改善。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | FORCe: Fully Online and automated artifact Removal for brain-Computer interfacing |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | 伪影去除 |
| **方法** | 提出了一种用于脑-机接口(FORCe)的全自动在线伪影消除方法。首先用小波分解在1 s时间窗内在每个通道上记录的EEG。然后，利用ICA所得到的近似系数转换为独立分量，并对其进行阈值处理，以消除受伪像污染的IC。然后对细节系数和近似系数应用软阈值处理，以减少/消除由峰值活动引起的伪影污染。最后重构干净的脑电信号。 |
| **结果** | 实验表明，视觉上可识别的伪影显著减少，SQI（信号质量指数）改善，可见伪影减少，ERD/S强度增加，分类准确性增加。 |
| **个人观点** | 该方法可用于清理EEG信号，并在短暂的延迟后使其可用于后续处理步骤，并且它没有表现出不断增加的时间延迟，因此其适合用于在线操作。另外，该方法无法在所有情况下完全消除EMG的影响，可能由于EMG是宽频带会污染多个通道。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | Deep Temporal-Spatial Feature Learning for Motor Imagery-based Brain-Computer Interfaces |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | MI解码 |
| **方法** | 本文中提出了一种深度学习方法，称为滤波组空间滤波和时间空间卷积神经网络（FBSF-TSCNN）用于MI解码。FBSF模块通过滤波器组的带通滤波、空间滤波和经由基于互信息的最佳个体特征（MIBIF）的通道选择，将原始EEG信号转换成中间EEG表示。然后，将中间脑电信号输入到TSCNN块进行进一步解码，其中提出了逐级训练策略来训练TSCNN块。 |
| **结果** | 实验表明，与传统的端到端训练策略相比，它产生了显着的性能提升。 BCI IV 2a 和 SMR-BCI 数据集的实验结果显示了所提出方法的前沿性能。 |
| **个人观点** | 虽出的FBSF-TSCNN在运动想象解码方面已经取得了领先的性能，但对于TSCNN块的局限性，特征提取层和分类层在阶段式训练策略下分别训练。因此，在后续中，可以通过构建一个新的结合三重损失和交叉熵损失的优化目标来关注整个TSCNN块的端到端训练。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Adaptive Stacked Generalization for Multiclass Motor Imagery-Based Brain Computer Interfaces |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | MI-BCI性能 |
| **方法** | 本研究的目的是提出一种基于自适应集成学习的方法，解决运动想象脑电数据的非平稳性和时间变异性问题。新颖之处在于两个部分。首先，引入EWMA自适应处理以改善区间非平稳性对分类性能的影响。其次，提出了一种集成分类方法，该方法使用堆叠概括来处理多个信息源。 |
| **结果** | 研究结果表明，使用 EWMA 的堆叠泛化和自适应处理能够提高二元和多类 MI-BCI 的分类性能。还表明 SRLDA 对决策时间点不太敏感，与 RLDA 相比，SRLDA 良好性能的时间窗口更长。 |
| **个人观点** | 自适应处理阶段在分类之前减少了会话之间的不匹配，而堆叠概括能够处理时间、空间和光谱信息，并应对时间可变性。此外，在二元和多元运动想象实验中，自适应SRLDA明显优于最先进的方法，自适应SRLDA可以用来设计更可靠和更鲁棒的MI-BCI，这对于在实际应用中加速通信是非常有意义的。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | Enhancing Detection of SSVEPs for a High-Speed Brain Speller Using Task-Related Component Analysis |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Biomedical Engineering |
| **种类** | SSVEP检测 |
| **方法** | 提出了一种新的基于TRCA空间滤波器的短时视觉诱发电位检测方法。主要是通过最大化任务期间的再现性来有效提取任务相关成分的方法。 |
| **结果** | 离线对比结果表明，与扩展的基于CCA的方法相比，基于TRCA的方法能够显著提高分类精度。在线BCI拼写者在线索引导任务中获得了325.33±38.17bit/min的平均信息传输速率，在自由拼写任务中获得了198.67±50.48bit/min |
| **个人观点** | TRCA的空间滤波方法可以应用于增强其他时间锁定EEG成分的SNR，因此可以通过采用基于TRCA的空间滤波器，可以减少平均过程中所需的试验次数来达到优化的效果。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | Correlated Component Analysis for Enhancing the Performance of SSVEP-Based Brain-Computer Interface |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | SSVEP检测 |
| **方法** | 提出了一种基于相关成分分析（CORCA）的新颖算法，用于SSVEP检测。CORCA被用来设计空间滤波器，使多个通道的线性组合在不同的试验中保持一致，并同时使它们之间的相关性达到最大。达到去除多通道EEG信号的EEG背景伪影，用于后期特征提取。 |
| **结果** | 实验结果表明，当结合所有刺激频率的空间滤波器时，整合方法产生了更好的性能，特别是在短的时间窗，分类精度和ITR显示出一致的趋势。总体而言，广泛的实验评估证明了在不同设置下，基于 CORCA 的方法与基于 TRCA 的方法相比具有优势。 |
| **个人观点** | 基于CORCA的方法需要单独的训练数据，更多的数据可以提高性能,因此可以采用转移学习的方法，用其他受试者的现有数据集获得空间滤波器。此外考虑到受试者之间的差异，自适应更新技术也可以在在线操作中使用。 |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | LSTM-Based EEG Classification in Motor Imagery Tasks |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 本文提出了一个基于长短期记忆(LSTM)网络的分类框架。该框架包含五个阶段，原始EEG数据在提取1d-AX特征之前首先被归一化。其次，将每个通道的归一化数据馈送到1d-AX提取器。在下一阶段，通过信道加权进一步减少信道的数量。最后，将输出送入LSTM网络，通过一层softmax回归得到每个预测标签的概率。 |
| **结果** | 实验结果表明，该算法具有良好的分类性能。对于在线分类，可以先用不同受试者采集的脑电数据离线训练整个网络。然后，它由新的EEG片段提供，并输出预测标签的概率。所提出的方法中的参数规模远小于其他深度网络 |
| **个人观点** | 与大多数使用CSP技术和深度网络的现有方法不同，提出的LSTM网络框架被适当地部署来提取脑电信号的本质特征，从而利用脑电信号的时变特征来提高分类性能。此外，引入1d-AX结合通道加权技术来提高基于LSTM框架的泛化性能和减少过拟合的可能性。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | A Boosting-based Spatial-Spectral Model for Stroke Patients’ EEG Analysis in Rehabilitation Training |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 本文提出了一种自适应增强算法，公共空间谱增强模式(CSSBP ),通过同时优化频率滤波器和空间滤波器来提高解码中风患者脑电信号模式的性能。它旨在将通常预先确定的空间-光谱配置建模为可变的前提条件。在此前提下，引入了一种新的启发式监督随机梯度增强策略来训练弱分类器。在这个过程中，该算法产生了与大脑活动相关的最重要的通道组和频带。 |
| **结果** | 在三个不同的数据集上评估了提出的算法的有效性，这些数据集来自不同的人群，包括健康人和中风患者，与原始的CSP和其他一些基于CSP的算法进行比较。结果显示了其优越的分类性能 |
| **个人观点** | 尽管CSSBP非常适用于EEG分析，但它是一个通用框架，可以很容易地用于其他需要构建空间频谱滤波器的基于BCI的范式。此外，它可以学习神经生理学相关的空间和频谱滤波器，这使得我们在缺乏先验知识的情况下可以探索一些特殊人群的大脑活动的神经生理学知识 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | Decoding Imagined Speech Based on Deep Metric Learning for Intuitive BCI Communication |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | 想象语音解码 |
| **方法** | 本文提出了一个基于瞬时频率和谱熵的连体神经网络框架来对想象的脑电信号进行分类。其从原始信号中提取瞬时频率和谱熵，然后合并成二维数据，将提取的数据输入到连体神经网络中，以学习训练集之间的距离。在训练连体神经网络之后，初始输入被减少到8维嵌入，再用嵌入训练k-最近邻分类器，并且可以在想象的语音期间对类别进行分类。 |
| **结果** | 结果表明，提出的框架有潜力对想象的语音进行分类。基线精度提高了，并且所提出的框架对新类别进行了分类，而没有任何性能下降，以及增量学习并不影响基础类 |
| **个人观点** | 该方法提出的将语音信号激发的瞬时频率和谱熵作为特征，有结果显示，基于时频分布的特征适合于对想象的语音进行分类，也表明深度度量学习可以从脑电信号的瞬时频率和谱熵中学习鉴别特征。另外，由于连体神经网络通过基于数据的距离进行学习来降低维度，因此降低的维度包含关于距离的信息。因此，选用k-NN比SVM能更准确地对数据进行分类。 |