|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Deep Fusion Feature Learning Network for MI-EEG Classification |
| **期刊/等级** | IEEE Access |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 提出了一个结合空间卷积网络的长短期记忆网络，该网络同时从原始MI-EEG信号中学习空间信息和时间相关性。此外，通过离散小波变换分解获得脑电信号的频谱表示。为了实现更高的学习速率和更低的初始化要求，在训练和识别之前采用了批量归一化方法 |
| **结果** | 结果表明，所提出的方案对于BCIs是相对鲁棒的，并且普遍适用于MI-EEG解码。结果表明，与其他方法相比，提出的模型可以进一步提高分类性能。CNN和DWT结合在脑电信号分析中的应用可能为经典的生物电信号时空特征分析开辟一条道路 |
| **个人观点** | 其采用CNN、DWT、BN和LSTM从输入的EEG原始数据中学习时间和空间相关性特征。然后融合这些特征以捕获时间相关性，并采用自适应滤波将时间信息并入系统。因此LSTM网络还可以被推广用于EEG解码和识别，以及用于探索更复杂的EEG特征。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | Deep learning for motor imagery EEG-based classification: A review |
| **期刊/等级** | Biomedical Signal Processing and Control |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 本文试图通过对深度学习在BCI究领域内最新研究的系统回顾来实现这些目标。  这些论文仔细研究了多个值得注意的技术问题，其中包括深度神经网络架构、输入公式、MI-EEG任务的数量和感兴趣的频率范围。 |
| **结果** | 深度神经网络通过在学习显著特征的过程中利用全部输入数据，为MI EEG记录的分类建立了健壮的和自动化的系统。具体而言，与其他类型架构的公共数据集相比，卷积神经网络(CNN)和混合CNN (h-CNN)是具有高性能的主导架构。 |
| **个人观点** | 在MI EEG信号分类中使用的DNNs在几个设计参数上有所不同，如结构类型、输入公式和激活函数，DL具有利用全部输入数据来训练网络的能力，因此原始EEG数据可以合理地用于训练过程。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | A Parametric Feature Extraction and Classification Strategy for Brain–Computer Interfacing |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 本文将传统上应用于脑机接口的熟悉的AR特征提取技术扩展到ARX情况下，采用诱发或事件相关电位作为外源输入。ARX模型将信号定性为噪声（正在进行的EEG）和信号（集合平均诱发或事件相关电位）的组成部分，模型的系数构成了后续分类的特征向量，分类采用LDA算法进行。 |
| **结果** | 对于ARX特征的所有对象的平均准确度是79.1±3.9%，而对于AR特征的平均准确度是52.8±4.8%。结果清楚地表明，对于每个对象，ARX特征集比AR特征产生更高的分类精度。 |
| **个人观点** | ARX模型假定诱发或事件相关电位与背景EEG活动的线性叠加，这显然是对预期的实际非线性互动的简化。此外，若系数的模型阶数更大，以正确模拟P300和视觉诱发电位（VEP）波形的更复杂形态。参数化特征提取和分类阶段实施简单，计算效率高，因此适合在BCI系统的实时应用中实施。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | Optimum Spatio-Spectral Filtering Network for Brain–Computer Interface |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Networks |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 本文提出了一种信息论方法来学习空间光谱滤波器，以时间窗多元波形形式出现的运动想象脑电图块首先由频谱带通滤波器处理以获取对象特定的响应节律活动，然后通过线性变换（在空间滤波器的形式）和对数功率积分。输出特征向量描述了与运动图像相关的特定空间光谱分量的平均功率。该网络采用最大互信息方法来优化光谱滤波器和空间滤波器，。 |
| **结果** | 实验结果证明了OSSFN的有效性。与最先进的 FBCSP 相比，所提出的方法产生了更高的分类准确率，对于所提出的方法，校准会话中的分类准确度和校准评估测试（应用于评估数据的校准模型）中的分类准确度相似。 |
| **个人观点** | 该文主要针对提取 ERD 的空间光谱特征用于运动图像分类。将最优空间光谱滤波器的学习制定为最大互信息问题并提出了一种基于梯度的优化方法来解决这个问题。此外，其还引入一种子空间空间过滤学习方法，使其空间过滤器由低维向量参数化。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Optimizing Spatial Filters by Minimizing Within-Class Dissimilarities in Electroencephalogram-Based Brain–Computer Interface |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems |
| **种类** | 空间滤波 |
| **方法** | 提出了一种新的基于脑电信号的脑机接口空间滤波算法KLCSP，用于提取对脑电信号中固有的非平稳性具有鲁棒性和不变性的特征。这是通过定义一个新的标准来实现的，该标准最大化类之间的区别，同时最小化类内的差异。此外，定义了一个损失函数来度量基于KL散度的类内相异度，并将其应用于CSP优化函数中。 |
| **结果** | 实验定量可视化显示，与CSP信号相比，KLCSP滤波信号具有较少的类内变化。绘制特征分布证实了KLCSP特征更紧凑且更可分离，并且使用所提出的KLCSP算法训练的模型能够有效地捕获从训练数据中学习到的非平稳性。此外，比较空间滤波器表明KLCSP滤波器在神经生理学上更相关，在相关的运动皮层区域具有强权重，而在其他区域具有平滑权重。 |
| **个人观点** | KLCSP算法的目的是通过比较每个试验/时段的协方差矩阵与相应类别的平均协方差矩阵来检测数据中的这种变化，并学习对训练数据中现有变化具有鲁棒性的空间滤波器。因此一些预处理算法，如选择特定主体的频段或时间段，可以提高试验的质量，从而使KLCSP的总体性能更好。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | Improving the Separability of Motor Imagery EEG Signals Using a Cross Correlation-Based Least Square Support Vector Machine for Brain–Computer Interface |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 提出了一种混合算法以提高BCI中基于MI的脑电图（EEG）信号的分类成功率。拟议的方案开发了一种新型的基于互相关的特征提取器，它与最小平方支持向量机（LS-SVM）一起用于两类MI信号识别。为降低互相关序列的维度，从每个序列中提取六个统计特征，即平均数、中位数、模式、标准差、最大值和最小值。 |
| **结果** | 结果显示，与逻辑回归和核逻辑回归分类器相比，所提出的LS-SVM分类器在两个数据集的相同特征向量下取得了更好的性能。实验结果还表明，在BCI竞赛III的数据集IV a中，拟议的方法比最近报道的其他8种方法至少要好7.40%，这表明提出的方法在BCI应用中的MI信号分类方面表现最好。 |
| **个人观点** | 本文提出的基于互相关的LS-SVM算法是一种有前途的MI信号识别技术，为开发基于MI的BCI分析提供了巨大潜力，有助于临床诊断和康复任务。因此可以把拟议的基于互相关的LS-SVM算法扩展到多类分类问题。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | Separable Common Spatio-Spectral Patterns for Motor Imagery BCI Systems |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Biomedical Engineering |
| **种类** | BCI特征提出 |
| **方法** | 提出了一种基于异方差矩阵-变量高斯模型的多频带脑电节律特征提取方法。在所提出的方法中，EEG首先通过一组带通滤波器来提取EEG节律的不同频带。然后，产生的信号通过一个称为SCSSP的联合空间-光谱特征提取器，该提取器直接对矩阵变量数据进行操作。并选用朴素贝叶斯parzen窗口（NBPW）和线性最小平均距离作为分类器。 |
| **结果** | 实验结果表明，所提出的计算有效的方法与滤波器组CSP (FBCSP)竞争，并且如果有足够的训练数据可用，甚至可以优于FBCSP。 |
| **个人观点** | SCSSP为我们提供了一种简单的方法来对提取的空间-光谱特征的鉴别能力进行排序，SCSSP相对于FBCSP在于SCSSP联合处理频谱和空间域中的数据，因此可以对两个域中提取的特征进行排序；而FBCSP不能对从不同频带提取的特征进行分类。因此，SCSSP不需要单独的后续降维阶段，其输出可以直接传递给分类器。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | Minimum Noise Estimate Filter: A Novel Automated Artifacts Removal Method for Field Potentials |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | 伪影去除 |
| **方法** | 本文介绍了一种可用于脑-机接口(BCI)应用中的自动无监督消除多通道场电位信号伪迹的新方法。该方法被称为最小噪声估计(MNE)滤波器，它基于迭代阈值化，然后是瑞利商，该瑞利商试图找到噪声的估计，并在原始信号上使其最小化. |
| **结果** | 结果表明，在ECoG信号的连续解码中，所提出的方法作为预处理步骤的应用优于包括CAR、拉普拉斯算子、ICA和小波去噪在内的其他众所周知的伪像去除技术。此外，还证明了所提出的方法能够比上述方法更好地改善脑电信号的离散解码性能。 |
| **个人观点** | 在提出的方法中，MNE滤波器以特定的顺序和简单的特征值阈值对导出的源进行排序，因此，可以将期望的源与不期望的源区分开，与其他方法相比，这是其特点。小波去噪会产生信号的阈值版本，因此对于在线应用，小波去噪可以用作 MNE 算法中的去噪算子。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | Multisensory Stimulation and EEG Recording Below the Hair-Line: A New Paradigm on Brain Computer Interfaces |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | BCI范式 |
| **方法** | 提出一种混合脑机接口，使用多感觉刺激方法来增强诱发电位(SSVEP和SSAEP)的SNR，以及在发际线以下区域记录的EEG，从而设计出更高效和舒适的BCI。在处理之前，EEG用双向巴特沃斯滤波器进行数字滤波,然后，在每次试验中，使用以0.5s步长移动2s长的移动窗口进行CCA分类，单向方差分析(ANOVA)测试用于找出每次从每个EEG通道提取的数据之间的统计差异。然后，采用塔姆哈内的T2后效检验进行两两比较。 |
| **结果** | 所提出的范例可以在视觉刺激下的枕骨位置(Oz)和多感觉刺激下的非头发位置(Tp9和Tp10)之间实现相似的准确度。 |
| **个人观点** | 实验得出的ACC较低，是因为仅使用了一个(或两个)EEG通道，因此使用更多电极可能会改善结果；由于诱发反应幅度低于其他区域，发际线以下的诱发电位的检测需要较低的检测率，提出的方法可以帮助减轻在非毛发位置使用电极的缺点。提出的混合范式获得类似于在枕骨电极上测量的传统的基于SSVEP的BCI的SNR和ACC。因此这种BCI能够实现高性能,具有在更舒适的电极位置测量EEG的优点。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | A Double-Partial Least-Squares Model for the Detection of Steady-State Visual Evoked Potentials |
| **期刊/等级** | IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics |
| **种类** | SSVEP检测 |
| **方法** | 本文提出了一种D-PLS模型来检测短时视觉诱发电位信号。该模型包括PLS空间滤波器和PLS特征提取器，以增强多通道EEG数据中的SSVEP信号，并提取SSVEP特征，而无需训练。 |
| **结果** | 实验表明，PLS空间滤波器在所有TW长度上明显优于MEC或aMCC。在大多数TW长度上，PSDA分类精度比被MEC或aMCC预处理时提高了大约10%；PLS特征提取器的分类精度在所有TW长度上比使用PSDA或CCA获得的分类精度高大约2-5%。 |
| **个人观点** | 与LASSO相比，PLS不需要任何复杂的参数设置。因此，PLS比LASSO更具有普适性和实用性。提出的D-PLS模型提取的SSVEP特征直接反映了每个刺激频率对EEG数据的贡献程度。由D-PLS提取的这种SSVEP特征可以与阈值或机器学习分类器相结合，可以构成用于检测用户选项和休息/空闲状态的异步BCI系统 |