|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Feature Weighting and Regularization of Common Spatial Patterns in EEG-Based Motor Imagery BCI |
| **期刊/等级** | IEEE Signal Processing Letters |
| **种类** | MI-BCI |
| **方法** | 出了一种新颖的方法，该方法执行特征加权和正则化(FWR) 以替代基于 CSP 的方法中的特征提取(FS)。。先通过 CSP 算法或其扩展之一计算和排序空间滤波器 W；将所有 channel 空间滤波器应用于 EEG 信号以提取特征向量f；通过具有短尾的高斯函数计算加权特征向量fγ； d) 计算特征向量fγ的类内散布矩阵S，并通过对降序排序的特征值λi进行正则化，得到正则化特征值˜λi。 |
| **结果** | 实验表明，在总共 72个案例中，所提出的 FWR 方法在 58个案例中优于 FS，在 6个案例中表现出相同的性能。它仅在 72 例中的 8 例中表现不如 FS；在两种数据集中，与现有的 FS 方法相比，所提出的 FWR 方法产生了更高的分类精度。 |
| **个人观点** | 该方法通过对所有空间滤波器提取的特征进行加权，然后对加权特征向量的散点内矩阵的特征谱进行正则化，以实现可靠分类。通过该方法过度拟合问题不仅可以通过去除不可靠的特征来缓解，还可以通过对不可靠的特征进行正则化来缓解。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | RSTFC: A Novel Algorithm for Spatio-Temporal Filtering and Classification of Single-Trial EEG |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems |
| **种类** | 特征分类 |
| **方法** | 提出了一种新的正则化时空滤波分类算法（RSTFC），包括一个称为STRCSP的时空滤波器优化算法和一个称为SFLDA的同步特征选择和分类算法。在特征提取模块中，提出了一种l2正则化算法对脑电信号进行有监督的时空滤波；在分类模块中，提出了一种稀疏Fisher线性鉴别分析（SFLAD）的凸优化算法，用于典型高维时空滤波信号的同时特征选择和分类。 |
| **结果** | 分类结果表明，STRCSP的功效及其对CSP、FBCSP、CSSP和CSSSP的优越性，提取了更多的鉴别性和神经生理学意义的模式。 |
| **个人观点** | 当与所考虑的时空过滤算法相结合时，SFLDA的表现优于其他特征选择和分类算法。在所有被比较的方法中，STRCSP和SFLDA一起产生了最好的分类性能。与学习一个跨被试共享的单一时间滤波器相比，其学习了STRCSP中特定频道的时间滤波器的相对优势。此外RSTFC由于其低计算复杂度，因此其对在线BCI应用很有希望。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | Clustering Linear Discriminant Analysis for MEG-Based Brain Computer Interfaces |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | MI任务解码 |
| **方法** | 提出了一种聚类线性判别分析算法(CLDA ),用于基于脑磁图的脑机接口(BCIs)的少量训练试验中准确解码手部运动方向.。CLDA应用谱聚类算法将BCI特征自动划分成几个组，组内相关性最大化，组间相关性最小化。将所有特征的协方差矩阵可以近似为块对角矩阵，从一小组训练数据中准确提取运动解码所需的相关信息。 |
| **结果** | 在五个人类对象上的运动解码实验表明，CLDA获得了优于其他传统方法的解码精度。对于四个方向(即，上、下、左和右)的单次尝试运动解码，CLDA的平均准确度是87%。 |
| **个人观点** | 在本文的一个大的贡献是应用谱聚类算法来自动识别BCI特征的基本组结构，并将每个特征分配到适当的组，此外虽在本文中关注离线数据分析，但是所提出的CLDA算法可以扩展到在线BCI系统。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | Application of Continuous Wavelet Transform and Convolutional Neural Network in Decoding Motor Imagery Brain-Computer Interface |
| **期刊/等级** | Entropy |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 本文提出了一种新的基于连续小波变换和卷积神经网络的运动想象分类方案。使用具有三个母小波的连续小波变换，通过结合时间-频率和电极位置来捕获高信息量的EEG图像，然后设计一个卷积神经网络来对运动想象任务进行分类并降低计算复杂度。 |
| **结果** | 实验表明，对于具有μ和β频带的MI- EEG图像类型，所提出的方法对于Morlet、Mexican hat和Bump母小波分别产生83.0%、81.2%和81.7%的平均准确度。与先前使用STFT的研究具有74.8%的准确度，所以所提出的方法实现了对MI任务分类的改善。 |
| **个人观点** | 与基于傅立叶变换的方法相比，在所提出的方法中，连续小波变换的使用产生了与运动想象相关的EEG模式的更详细的表示；通过利用一维卷积神经网络，它能够在特定频率和电极方面区分运动想象任务的EEG信号的时间变化。因此，小波变换和神经网络的组合使用可能导致高级信号处理和机器学习工具的发展。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Alpha neurofeedback training improves SSVEP-based BCI performance |
| **期刊/等级** | Journal of Neural Engineering |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 设计并进行了一个包含两个步骤的实验。第一步是调查静止α活动和基于SSVEP的BCI性能之间的关系，以确定NFT的训练参数。然后在第二步，一半具有 "低 "性能的受试者（即BCI分类准确性<80%）被随机分配到NFT组以进行实时NFT，其余一半被分配到非NFT对照组进行比较。 |
| **结果** | 实验结果表明，静止的相对个体α波段（IAB）振幅与基于SSVEP的BCI性能呈负相关，建议的阿尔法下调神经反馈训练（NFT）可导致SSVEP信号SNR和BCI分类准确性的改善。 |
| **个人观点** | 选择BCI分类准确率低的被试并进行NFT以降低其在Oz的相对IAB振幅，正预期的那样，发现被试在训练期间能够降低其α振幅。目前在系统设计和优化方面所做的努力外，因此进一步提高基于SSVEP的BCI性能是一种有希望的方法，静止的相对IAB振幅有可能成为基于SSVEP的BCI性能的一个简单预测因素。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | Separated channel convolutional neural network to realize the training free motor imagery BCI systems |
| **期刊/等级** | Biomedical Signal Processing and Control |
| **种类** | MI-BCI |
| **方法** | 本文提出了一个端到端的深度学习框架，以实现自由运动图像（MI）BCI系统的训练。采用从脑电图（EEG）中提取的共同空间模式（CSP）作为手工制作的特征。并使用CSP空间的多通道序列代替对数能量，以保留时间信息。然后提出了一个分离通道卷积网络（SCCN）来编码多通道数据，最后将编码后的特征被串联起来并输入识别网络，以进行最终的MI任务识别。 |
| **结果** | 实验表明，拟议的模型显示出与基线方法类似的性能，而其不需要转移受试者的学习。 |
| **个人观点** | 这是一个新颖的深度架构，它利用了时变信息和CSP空间中各通道间的各种反应机制。该模型在转移对象学习领域实现了比经典方法更高的准确性，并在捕捉现有对象的抽象信息以实现无训练的运动图像BCI方面显示出巨大潜力。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | Multiclass Classification of Spatially Filtered Motor Imagery EEG Signals Using Convolutional Neural Network for BCI Based Applications |
| **期刊/等级** | Journal of Medical and Biological Engineering |
| **种类** | MI多类分类 |
| **方法** | 提出了一个单卷积层CNN分类器，用于普通空间模式过滤信号的多类MI分类。其利用频率范围为1至100HZ和8至30HZ的BPF进行预处理，并使用脑电数据的叠加频谱图作为分类器的输入。此外还在输入的训练图像上使用了图像增强的概念，以帮助训练CNN的小型训练数据。该分类器使用从12名受试者获得的16通道EEG数据进行了研究。 |
| **结果** | 结果显示，所提出的方法对两类（左手和右手）MI的平均分类准确率为95.18±2.51%，对四类（左手、右手、双手和脚）MI的分类准确率为87.37±1.68%。 |
| **个人观点** | 所提出的方法是种一维脑电信号的二维表示法与图像增强一起，显示了使用所设计的CNN模型对MI脑电信号进行分类的巨大潜力。另外，还应用了CSP作为空间滤波器，来改善类间信号中包含的空间信息。因此，这些信号的频谱图产生了可以被CNN捕获的判别信息。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | BCI oriented EEG analysis using log energy entropy of wavelet packets |
| **期刊/等级** | Biomedical Signal Processing and Control |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 提出了一种基于小波包分解和对数能量熵的面向BCI的脑电分析方法。分类是由多层感知器（MLP）完成的。 |
| **结果** | 实验在BCI竞赛2003数据集Ia和Ib上测试了该方法的性能，实验表明该方法的Ia准确率达到92.83%，Ib准确率达到63.33%。这一结果优于竞赛的获胜者以及在相同数据集上发表的其他结果。 |
| **个人观点** | 本文提出的使用WPD以及对数能量熵和MLP的方法为BCI导向的EEG分析提供了有效的工具，以检测scp自我调节中的皮层正性和负性。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | A novel hybrid auditory BCI paradigm combining ASSR and P300 |
| **期刊/等级** | Journal of Neuroscience Methods |
| **种类** | 混合BCI |
| **方法** | 一种混合听觉BCI，它利用并结合了听觉稳态反应(ASSR)和空间-听觉P300 BCI来提高听觉BCI系统的性能。该系统的工作原理是同时向用户提供不同音高和调幅(AM)频率的听觉刺激，同时在所有声源之间随机出现嘟嘟声。对不同听觉刺激的注意产生不同的ASSR，并且当蜂鸣声出现在目标通道中时触发P300响应，系统可以利用这两种特征进行分类。 |
| **结果** | 实验结果表明，混合系统的准确性和ITR都高于单独的P300和ASSR条件。当使用混合系统时，准确性比单独的P300条件提高了14.14%，比单独的ASSR条件提高了27.97%。因此，所提出的系统明显优于单独的P300和ASSR条件。 |
| **个人观点** | 该混合BCI系统可以帮助解决BCI文盲的问题，因此，通过使用混合方法，系统可以被训练和学习系统的最佳配置,使得它适合每个个体，产生最佳结果。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | Data Analytics in Steady-State Visual Evoked Potential-based Brain-Computer Interface: A Review |
| **期刊/等级** | IEEE Sensors Journal |
| **种类** | SSVEP 数据分析 |
| **方法** | 本文回顾了基于SSVEP的BCI的当前研究，重点关注能够连续、准确检测SS VEP并因此获得高信息传输率的数据分析。 |
| **结果** | 主要是信号预处理、频谱分析、信号分解、空间滤波，特别是典型相关分析及其变体，以及分类技术。还讨论了在自发脑活动、精神疲劳、迁移学习以及混合BCI方面的研究挑战和机遇。 |
| **个人观点** |  |