|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Motor imagery EEG classification based on ensemble support vector learning |
| **期刊/等级** | Computer Methods and Programs in Biomedicine |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 本文提出了一种新的集成学习算法ESVL，用于基于互信息的脑电分类。ESVL基于SVM分类器，并且采样点和决策边界之间的距离和样本标签被应用来拟合sigmoid函数，其中提取CDFCSP和STDF作为区别特征，然后将其馈送到ESVL算法，从不同支持向量机分类器获得的概率被组合以进行预测。 |
| **结果** | 实验结果表明，采用BCI竞赛IV数据集2a和2b来评估所提出的ESVL算法分别实现了0.60和0.71的平均最大kappa值。与其他算法对比，平均kappa值(0.60)显著高于来自单一特征的平均kappa值(0.53和0.39)。 |
| **个人观点** | 在提出的ESVL方法中，不同SVM分类器的概率被组合以形成ESVL分类器，从而ESVL充分利用了不同分类器的优点，并基于后验概率做出更好的预测。在后续可以向系统添加定时检测算法来实现异步BCI。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | A spatial‑frequency‑temporal optimized feature sparse representation‑based classification method for motor imagery EEG pattern recognition |
| **期刊/等级** | Medical & Biological Engineering & Computing |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 提出了一种新的用于MI脑电模式识别的SFTOFSRC方法。首先提出的相对熵准则选择最优通道；然后通过稀疏正则化自动选择时频域上的显著特征。之后从多个频率-时间分量中选择的特征被连接以形成SRC的列向量。最后，使用基于概率的方法来优化字典，通过残差规则来分类。 |
| **结果** | 实验表明，在BCI competition III dataset IV a and BCI competition IV dataset IIb这两数据集上，分别获得了76.118%和86.41%的平均分类精度。此外，采用字典优化后，所有被试的准确率都有显著提高，平均提高了9.4389%。 |
| **个人观点** | 本文提出的方法并没有使用所有通道进行CSP特征提取和分类的重要性，而是选择具有高鉴别能力的通道有助于提高分类性能和减少计算负担。此外，其对训练数据进行任何改编或扩展，以解决训练数据量小的问题，因此后续工作或许可以通过扩充小训练数据集来优化SRC字典。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | Convolutional Correlation 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分类 |
| **方法** | 提出一种新的用于SSVEP分类的深度学习模型--卷积相关分析(ConvCA)，结合了CNN结构和传统的相关性分析。它有两个CNN分支，名为signalCNN和reference-CNN，其为每一个微小的时间窗内的多通道脑电信号提供卷积运算。它将多通道采集的脑电信号转换成单一信号，连接信号CNN和参考CNN的相关层计算EEG信号和参考信号之间的相关性。 |
| **结果** | 结果表明，具有结合CNN和相关分析的结构的Conv-CA模型明显优于最先进的方法（TRCA）。特别是，ConvCA模型改善了SSVEP表现较差的受试者的BCI表现。此外，它还解决了当前基于深度学习的模型与空间过滤方法不兼容的问题 |
| **个人观点** | 提出的方法主要其具有良好的可解释性，可以通过分析中间张量来可视化模型从EEG数据和参考信号中提取的成，其通过包含非线性分量，可以获得比空间滤波器性能更好的模型，因此在较低精度被试上，Conv-CA提取了更多的有用信息，这些信息是很难被集合TRCA分类的对象的 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | Classification of multiclass motor imagery EEG signal using sparsity approach |
| **期刊/等级** | Neurocomputing |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 提出了一种基于稀疏表示的分类技术来对多任务脑电信号进行分类。原始脑电图数据被分割，然后计算特征向量，给定的数据集使用 k 倍交叉验证随机分成训练和测试数据。使用从所有用于训练数据的试验中提取的特征向量构建字典，最后，对于给定的测试数据，估计一个稀疏系数向量，并进行基于稀疏度的分类。 |
| **结果** | 结果表明，与现有的机器学习分类方法（SVM、LDA、K-NN、LSTM+MLP）相比，分类精度有所改善，每个被试均达到90%以上。 |
| **个人观点** | 使用从给定MI信号中提取的特征来构建过完备字典，没有任何滤波步骤，使得其保留MI信号的全部特征。提出的方法中避免了预处理，空间滤波，特征缩减的步骤，直接提取特征，并构造非相干过完备字典，有效的减少了计算时间。所提出的方法在计算成本和准确性方面确实优于机器学习算法，因此可作为 MI EEG处理的机器学习算法的改进方案。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Classification of EEG Signals Based on Pattern Recognition Approach |
| **期刊/等级** | Frontiers in Computational Neuroscience |
| **种类** | 特征提取 |
| **方法** | 提出了一种“模式识别”方法。先计算基于小波的特征提取，提取的相对小波能量特征被归一化为零均值和单位方差，然后使用Fisher判别比(FDR)和主成分分析(PCA)进行优化，最后通过现有的分类器（SVM,KNN,MLP,NB）进行分类 |
| **结果** | 结果表明，通过SVM分类器对0到3.9Hz 范围内的低频系数近似(A5)产生了 99.11%的准确度。SVM 和KNN的详细系数准确率分别为98.57%和98.39%。对于A5和D5系数，MLP和NB分类器的准确率分别为97.11-89.63% 和91.60-81.07%。  与现有的定量特征提取相比，所提出的方案使用机器学习分类器产生了显着更高的分类性能. |
| **个人观点** | 所提出的方法可以在将“特征”集中的非重要特征提供给分类器之前将其最小化，从而降低计算成本。因此，DWT 与 FDA 和 PCA 技术的结合为使用 EEG 信号对认知任务进行分类提供了一种强大的特征提取方法，作为区分正常和异常 EEG 模式具有潜力的。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | HS-CNN: A CNN with hybrid convolution scale for EEG motor imagery classification |
| **期刊/等级** | Journal of Neural Engineering |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 提出了一种具有数据增强方法的混合尺度 CNN 架构，以提高 EEG 运动图像分类的准确性。 |
| **结果** | 实验表明，在BCI Competition IV 2a 数据集，所提出的 EEG 运动图像分类方法的平均分类准确率为 91.57%。与几种最先进的方法相比，提高了从 11.64% 到 23.25%。对于 2008 BCI Competition IV 2b 数据集，该方法的平均分类准确率达到了 87.6%，提升了 2.9% 到 19.7% |
| **个人观点** | 提出的数据增强方法通过将训练数据分割，时域重构以及频域交换来获得新的训练数据，与之前的数据增强方法更优，可以在真实训练数据的基础上生成人工训练数据，以提高分类精度。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | Independent Vector Analysis for SSVEP Signal Enhancement, Detection, and Topographical Mapping |
| **期刊/等级** | Brain Topography |
| **种类** | SSVEP检测 |
| **方法** | 提出了一种新方法去增强对 BCI 系统的一系列频率和对象的 SSVEP 信号的检测。其利用独立向量分析 (IVA) 的丰富联合盲源分离框架。 |
| **结果** | 结果显示，与PSDA相比，IVA给定频率下的信噪比是优于PSDA的；通过量化 IVA 显着提高检测 SSVEP的能力的低 p 值，同时与 PSDA 相比，IVA 增强了这些正面网络的地形。 |
| **个人观点** | 提出的IVA 检测到的 SSVEP 传播揭示了 IVA 在 PSDA 上的增强，不仅在基频上，而且在前三个谐波上也是有所增强。其还揭示了整个大脑的增强以及作为函数的半球优势的变化谐波。因此，IVA可以扩展脑电图研究的范围，允许对认知机制进行地形探测研究。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | Optimizing Prediction Model for a Noninvasive Brain-Computer Interface Platform using Channel Selection, Classification and Regression |
| **期刊/等级** | IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics |
| **种类** | BCI预测模型优化 |
| **方法** | 本文通过对机器学习技术、通道选择和光标移动方向分类的评估，优化了基于脑电图的脑机接口平台。将源自最小二乘法的多元线性回归解码器模型与岭回归和 Theil-Sen 回归模型进行了比较。 |
| **结果** | 结果表明 Theil-Sen 模型展示了最高的准确度，此外，对于垂直试验，没有任何通道道组合可以提供本研究中发现的改进结果，结果也显示，所有通道的Theta、Alpha、Beta和Gamma频段的功率谱密度平均值的分类精度为80%。另外前额叶电极产生了最好的解码结果。这表明，与感觉运动和外部触发的感觉范式相比，IBK范式依赖于更高的认知功能。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | A Generalizable and Discriminative Learning Method for Deep EEG-Based Motor Imagery Classification |
| **期刊/等级** | Frontiers in Neuroscience |
| **种类** | MI分类 |
| **方法** | 对于卷积神经网络提出了一个新的损失函数，它结合了平滑的交叉熵（带标签平滑）和中心损失，作为MI识别任务中模型的监督信号，在两个学习目标中优化模型，防止过度自信的预测和增加深度特征的判别能力。 |
| **结果** | 实验结果显示，在平均水平上，与其他SOA相比，提出的方法在IV-2a和IV-2b两数据集上的分类平均准确率分别提高了约5.33%和3.54%。在消融实验中表明，  标签平滑技术可以在MI分类中降低过拟合对CNN模型的影响，中心损失有利于用于MI分类建模的区别特征学习。 |
| **个人观点** | 提出的损失为 MI 领域中基于 CNN 的建模提供了一种稳健且有区别的训练方案，因此除了复杂的模型结构开发之外，为学习有效的损失函数也有利于 MI 识别中的模型性能。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | Enhancing performances of SSVEP-based brain–computer interfaces via exploiting inter-subject information |
| **期刊/等级** | Journal of Neural Engineering |
| **种类** | SSVEP编码 |
| **方法** | 提出了一种新的免训练目标检测框架，用于频率相位编码 SSVEP BCI。在此框架下，开发了单通道和多通道条件下的 ttCCA 方法，并进一步提出了 ott-CCA 方法。 |
| **结果** | 实验结果表明，在不同短时间窗口长度下，与标准CCA方法相比，提出的tt-CCA  的平均精度均提高了15%~30%，tt-CCA 可以大大提高 CCA 在短时间范围内的性能，同时也略微提高长时间范围内的性能，提出的ott-CCA 的平均准确率也有所提高，证明了所提出的在线适应策略的有效性。 |
| **个人观点** | 提出框架主要是利用现有的源受试者数据集为目标受试者生成转移EEG模板,以捕获SSVEP的频率和相位信息，将有用的信息从源受试者转移到目标受试者。 |