|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章一** |
| **标题** | Frequency Recognition Based on Canonical Correlation Analysis for SSVEP-Based BCIs |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Biomedical Engineering |
| **种类** | CCA应用 |
| **方法** | 本研究中采用了一种基于CCA特征提取方法来检测和识别SSVEP。其中CCA处理的一组变量是从局部区域内的多个通道记录的信号，另二组是刺激信号；在分析脑电频率分量时，使用来自多个通道的EEG信号计算系统中所有刺激频率的CCA系数，系数最大的频率是SSVEP的频率，在信道选择上，取其最近的相邻信道来构造具有信道的局部区域，这些通道的信号用于具有刺激信号的CCA系数并指定给该通道；研究中还对比了两种方法的抗噪能力，当SNR降低时，PSDA方法的识别精度迅速下降，而CCA方法的性能仍然相当好。， |
| **结果** | 本文提出用CCA分析脑电图（EEG）中稳态视觉诱发电位（SSVEP）的频率成分，相比传统的功率谱密度分析（PSDA）可以获得更高的识别精度. |
| **个人观点** | 本研究仅使用了最大的CCA系数，然而，真实的脑电图信号可能受到噪声的污染，或者可能具有不连续的相变，如果附加多个系数可能有效降低噪声的干扰。 |
|  | |
| **序号** | **文章二** |
| **标题** | Discriminative Feature Extraction by a Neural Implementation of Canonical  Correlation Analysis |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems |
| **种类** | CCA应用 |
| **方法** | 本文提出了一种判别交替回归（D-AR）的方法来探索相关和判别特征，提出的D-AR方法基于两个线性多层感知器（MLP）执行的AR；每个基于MLP的D-AR网络由隐藏层和输出层组成，其输入层由视图特征组，输入层被转换为低维子空间（隐藏层），隐藏层又可以转换为包含输出单元的输出层，这些输出单元可以相互最大化与其他D-ARNet的对应对象的匹配，并且预测器输出单元具有最大的分类精度。交替回归的过程是迭代的，通过交替地在另一个感知器的输出上重新训练一个感知器；另外还需对输出层去相关，使用级联反Hebbian抑制算法来解相关每个感知器的输出，并迫使它们调整到不同的、理想正交的协变量。并提出的方法D-AR与四种可选的降维方法分别在情感识别、对象识别和图像检索数据集在降维上的分类精度方面的比较。 |
| **结果** | 比较了D-AR特征与CCA、PCA+CCA、AR的神经实现和LDA，将这些方法用于CK+情感识别、COIL-100对象识别和FLICKR图像检索数据集的特征提取，D-AR提取的协变量都具有更高的分类精度，而且在看不见的测试示例中，其也具有更高的判别能力。 |
| **个人观点** | 比较研究的结果很显著，利用判别交替回归的方法来判别提取的特征很好的降低了CCA传统不使用类标签而使用敏感样本协方差矩阵会导致不可泛化的依赖关系。 |
| **序号** | **文章三** |
| **标题** | A Wireless Multifunctional SSVEP-Based Brain Computer Interface Assistive System |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 在本研究提出了一种无线、无创和多功能辅助系统，该系统集成了基于稳态视觉诱发电位（SSVEP）的脑机接口和机械臂执行动作。本文在考虑到在少量通道的脑信号采集中，传统处理SSVEP信号的方法会对信号质量造成影响，提出采用纳入谐波频率信息，并开发投票机制；扩展了常规投票机制，对比了六票机制与七票机制；在评估每种方法的性能中采用了信息传输率（ITR）、分类精度和执行率。在七票机制中，分别计算了两个信道的谐波功率，SNR，以及通道的相关性，而CCA1、CCA2和CCA3采用不同的参考信号，CCA1采用五个目标频率的信号作为参考信号，而CCA2仅采用目标频率的二阶谐波，CCA3是CCA1和CCA2的总和。 |
| **结果** | 实验表明，通过采用谐波分量和七票机制，平均分类准确率和ITR分别为90.91%和24.94%， |
| **个人观点** | 从六投票法的结果可以看出，准确性得到了提高，错误分类试验的数量得到了显著抑制，但是正确次数以及执行率却降低了，该系统最重要的是错误实验次数减少，所以七票机制更适合该系统，即使七票机制执行率低，但其错误实验次数大大减少了。 |
|  | |
| **序号** | **文章四** |
| **标题** | A Speedy Hybrid BCI Spelling Approach Combining P300 and SSVEP |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Biomedical Engineering |
| **种类** | BCI拼写性能 |
| **方法** | 本研究提出了一种新的混合脑-机接口（BCI）方法来提高拼写速度。P300和稳态视觉诱发电位（SSVEP）检测机制被设计和集成来对两个大脑信号同时用于拼写就是将目标项目由两种大脑模式实现的二维坐标来识别。在基于两者的基础上设计了两种类型的BCI范式，称为分区/位置（SL）和行/列（RC）模式；最终实际信息传输率（PITR）确定每个受试者在线拼写的最佳刺激试验次数。在信息处理方面，P300是用SWLDA训练分类器，而SSVEP是用CCA来计算激频率（Xf（t））与多通道EEG数据（Y ssvep）之间的相关性。 |
| **结果** | 结果表明，混合状态下，RC模式明显优于SL模式，对于RC模式，平均PITR显著增加，从44.70位/分钟增加到53.06位/分钟（p<0.0128），标准差从13.03位/分钟减少到9.88位/分钟。另外，快速混合BCI方法（SL模式和RC模式）与传统的P300和SSVEP拼写器相比，平均PITR的峰值分别提高了115.41%（45.50对21.12位/分钟）和98.55%（45.50对22.92位/分钟，BCI的拼写性能大大提升。 |
| **个人观点** | 该系统是一种比仅用P300或SSVEP的BCI拼写速度更快的快速混合方法。  将P300和SSVEP同时作用，目标坐标由P300和SSVEP子分类器识别；在P300的拼写中，由于目标项目位置的区别以及频率的设定可以减少目标闪光的意外，从而降低P300振幅；在该研究中，由于双峰脑电位的信息叠加，与传统的脑机接口方法相比，我们的脑机接口方法的拼写速度无疑有所提高，而且有四名受试者没有拼写错误，混合BCI方法为提高BCI拼写速度提供了一个新的方向。 |
| **序号** | **文章五** |
| **标题** | Automated Classification and Removal of EEG Artifacts with SVM and Wavelet-ICA |
| **期刊/等级** | IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics |
| **种类** | EEG伪影去除 |
| **方法** | 本文提出了通过应用预训练的线性核SVM对小波独立分量分析（W-ICA）中的伪影进行分类并去除。利用离散小波变换（DWT）的基于小波的多分辨率分析在时域和频域中更好地保留真实脑电图信号的结构，另一方面，独立分量分析（ICA）也有使用盲源分离将目标伪影分离到分离的独立分量（IC）的优势，再结合预训练的支持向量机适合于估计最大边缘超平面，能够识别具有异常值在超平面上延伸很远的特征的伪影分量。 |
| **结果** | 通过峰度、方差、香农熵和幅度范围这一组特征作为支持向量机的训练和测试数据来识别脑电信号中的眨眼伪影，实验表明，通过计算滤波后的干净EEG信号与伪影去除前的信号的相关系数相比，该方法的总平均相关系数为0.955。另一方面，带阈值的小波独立分量分析和带支持向量机的归零独立分量分析的交替方法的总体平均相关系数均为0.946。 |
| **个人观点** | 该系统能够在不应用任何任意阈值的情况下完全自动识别和去除脑电图信号中的伪影，这种将训练数据的初始选择与最能描述人工智能的特征分配给支持向量机，然后使用支持向量机自动识别，有可能扩展到适应和排除未来脑电图记录中存在的各种伪影。 |
|  |  |
| **序号** | **文章六** |
| **标题** | A novel hybrid paradigm based on steady state visually evoked potential & P300 to enhance information transfer rate |
| **期刊/等级** | Biomedical Signal Processing and Control |
| **种类** | P300应用 |
| **方法** | 本研究提出了一种混合脑机接口刺激范式，通过引入P300作为时分多路复用，通过增加可用决策选项数量来提高ITR。其中一种混合BCI对目标使用不同的颜色和不同的闪烁频率，目的是与传统BCI相比，基于分类的准确性、ITR的升高和减少FAR的基础来提高BCI的性能。在相同的条件下，对标准的SSVEP和P300两种新范式进行了比较研究。 |
| **结果** | 实验结果表明，目标频率混合BCI的新型SSVEP-P300的平均参数为：分类准确率为92.30%，ITR为82.38位/min，FAR为2.72%。相比传统的BCI，其性能就有所提高 |
| **个人观点** | 研究结果显示，对每个目标频率的混合BCI均带来了性能的提升，故将其作为开发辅助设备的一个可行的范式新方向， |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章七** |
| **标题** | A dynamically optimized SSVEP brain-computer interface (BCI) speller |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Biomedical Engineering |
| **种类** | SSVEP拼写器 |
| **方法** | 本文提出了一种动态优化的SSVEP拼写器。首先，在SSVEP- BCI中引入（RC）范式，以建立一个具有36个项目的SSVEP拼写器，该拼写器仅使用六个频率。其次，在CCA方法之后添加后处理来减少SSVEP响应中的频率间变化，该信号处理方法称为CCA-RV。此外，还加入了实时生物反馈机制，以增加对视觉刺激的注意力。第三，使用实际ITR（PITR）比较了固定和动态两种设置刺激时间的优化方法， |
| **结果** | 对11名受试者的实验结果表明，CCA-RV方法通过减少SSVEP响应的频率间变化而优于CCA方法，并且实时反馈还通过减少目标刺激中心以外的视觉选择性注意而提高了拼写准确性。用于设置刺激持续时间的固定和动态优化方法都实现了合理的拼写率，并且动态优化方法产生了比固定优化方法更高的PITR，实验数据表明，提出的SSVEP拼写器实现的在线平均PITR（包括选择之间的中断时间和纠错时间）为41.08位/分钟。 |
| **个人观点** | 该研究提出方法的目标检测直接依赖于行检测和列检测，是否可以将错误相关电位混合到SSVEP拼写器中，如此构建基于SSVEP 和错误相关电位的混合BCI系统拼写准确性方面将具有更大的潜力。 |
|  |  |
| **序号** | **文章八** |
| **标题** | Two-stage frequency recognition method based on correlated component analysis for SSVEP-based BCI |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering |
| **种类** | SSVEP频率识别 |
| **方法** | 本文提出了一种新的两阶段CORRCA（TSCORRA）频率识别方法，为BCI应用中更好地实现SSVEP频率识别。该方法利用所有刺激频率的空间滤波器来产生更具辨别力的特征。在第一阶段，我们通过使用单个训练数据集跨多个块平均相应的SSVEP数据来计算每个频率的参考信号，并使用标准CORRCA学习每个频率的空间滤波器。在第二阶段，对于每个频率，先计算测试样本和参考信号之间的相关系数，然后使用在第一阶段获得的所有空间滤波器，使用标准CORRCA公式计算测试样本和参考信号之间的相关系数。然后，将所有相关值组合作为目标识别的特征。 |
| **结果** | 使用35名健康受试者记录的基准数据集，在标准CCA、CCA和IT-CCA的组合方法、标准CORRCA和TSCORRCA之间进行了广泛的比较,实验结果表明，CORRCA显著优于CCA，TSCORRCA在比较方法中获得了最佳性能。为了进一步评估这四种方法的性能，还研究了不同数量的通道和训练块对分类精度的影响。结果表明，与CCA和CCAICT相比，所提出的方法，即CORRCA和TSCORRCA，可以增强可分辨性，从而促进目标分类。 |
| **个人观点** | CORRCA可以放松CCA中典型向量的约束，为两个多通道EEG信号生成相同的投影向量，其在基准数据集上的性能更优；所提出的TSCORRCA不需要额外的合成参考信号，使其频率识别方面得到进一步增强；另外所提出的方法具有较低的计算复杂度，若与用于频率检测的基于深度学习的方法相结合将可能更具优势。 |
| **序号** | **文章九** |
| **标题** | Optimal channel selection using correlation coefficient for CSP based EEG classification |
| **期刊/等级** | IEEE Access |
| **种类** | CSP应用 |
| **方法** | 本文提出了一种新的基于相关系数的MI相关通道选择方法来提高MI分类性能。  对于给定的信道，计算两个MI任务之间相对于其他信道的平均相关系数的差异。使用t统计对差异进行归一化得到一个MI分数。对于每个独特信道，构建一组与该信道强相关的支持信道，执行FBCSP以计算Fisher分数来识别用于MI分类的最佳支持通道组，选择具有最高Fisher分数的支持信道组来确定用于MI分类的最优信道集。试验使用MI-EEG数据集:BCI竞赛III数据集IV a和BCI竞赛IV数据集I来评估性能。 |
| **结果** | 结果表明，所提出的方法的性能与没有信道选择的传统的基于CSP的分类方法、CSP [5]、FBCSP 、 SBRCSP、FBRCSP的性能进行了比较，所提方法分类精度总体优于其他方法，最高达98.21%；还将其与基于通道选择的分类方法的性能比较，其比传统方法显示出最好的平均分类精度（88.62%），而且在通道选择上也有所减少。 |
| **个人观点** | 使用FBCSP特征的相关系数和Fisher得分这两个标准进行信道选择，可以有效地减少使用的信道数量并提高分类精度。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **文章十** |
| **标题** | An adaptive motion-onset VEP-based brain-computer interface |
| **期刊/等级** | IEEE Transactions on Autonomous Mental Development |
| **种类** | BCI应用 |
| **方法** | 本文提出了一种基于mVEP时间特征的动态停止策略。该策略在目标识别的准确性和所需时间之间找到了平衡点，并能自适应地确定单个受试者在线使用期间的适当重复次数。 |
| **结果** | 实验表明，，，与传统的固定重复方法相比，使用拟议的停止策略，应用动态停止策略后，一次识别的平均重复次数减少到3.0±0.6次，另一方面，平均分类精度从固定重复方法的85.1±8.1%下降到78.8±9.1%（P=0.002）。虽在动态停止策略时，准确率降低了约6%，但动态停止方法取得的PITR（20.8±10.4比特/分钟）明显高于固定重复方法（14.5±3.3比特/分钟，p=0.013），总体比较，平均PITR从传统固定重复方法的14.5 bit/min提高到20.8 bit/min。 |
| **个人观点** | 通过使用mVEP的三个主要峰值作为阈值基线建立动态停止策略，并根据PITR优化阈值系数，最终评估所提出的基于特征水平的自适应重复方法的性能，PITR得到了明显的改善，因此可以在异步BCI系统中扩展所建议的策略。 |