

使用ICA-AROMA去除头动噪声

Alex / 2021-11-14 / free_learner@163.com / learning-archive.org

更新于2023-09-17，主要是文字排版上的更新，内容基本保持不变。

一、基本原理

ICA-AROMA包含三个步骤：

1. 使用独立成分分析（ICA）将fMRI数据分解成空间上独立的成分（IC）以及对应的时间序列；
2. 根据4个特征从独立成分中标记出可能为头动的成分；
3. 使用线性回归的方法将头动成分对应的时间序列从fMRI数据中去掉。

显然，第2步的准确性是最为关键的。这4个特征包括：

1. 高频成分比例（实际是通过使比例等于0.5时的频率来表示）；
2. 与头动校正参数的最大相关系数；
3. 边缘比例；
4. CSF比例。

这4个特征反映了一般头动噪声成分所具有的特点。标记过程包含三个准则：

1. 根据由特征2（最大相关系数）和特征4（边缘比例）训练得到的线性判别分类器来标记出头动成分；
2. 特征1（高频成分比例）大于0.35；
3. 特征4（CSF比例）大于0.1，如果一个成分至少满足其中一条准则，则该成分被标记为头动成分。准则1中的线性判别分类器是提前训练好的，我们在使用ICA-AROMA的时候无需再进行训练。

更详细的原理和验证参见：

Pruim, R. H. R., Mennes, M., Rooij, D. van, Llera, A., Buitelaar, J. K., & Beckmann, C. F. (2015). ICA-AROMA: A robust ICA-based strategy for removing motion artifacts from fMRI data. *NeuroImage*, 112, 267–277.

二、数据预处理

在使用ICA-AROMA之前，先需要准备4个文件：

1. 经过头动校正和空间平滑以后的fMRI数据，注意不要进行滤波；
2. 头动校正参数；
3. 将fMRI图像配准到T1图像得到的仿射变换矩阵；
4. 将T1图像配准到MNI152模板的非线性变形场。

这些文件可以通过FSL的Feat或者Melodic模块得到。如何使用Melodic可以参考我以前的博客：
<http://learning-archive.org/?p=106>

为了简洁，我这里使用命令行的方式来进行预处理：

```
## $REST means my original fMRI data, which had 124 volumes in total
## $T1 means my original T1 data
## remove the first 4 volumes
fslroi ${REST} rest_left 4 120
## extract reference image
fslroi rest_left rest_ref 50 1
## motion correction
mcflirt -in rest_left -out rest_mc -mats -plots -reffile rest_ref -rmsrel -
rmsabs -spline_final
## grandmean scaling to 10000
fslmaths rest_mc -ing 10000 rest_gms
## spatial smoothing
sigma=`echo "scale=10;6/2.355" | bc`
fslmaths rest_gms -s ${sigma} rest_sm6
## create brain mask and apply mask
bet rest_ref rest_bet -f 0.3 -n -m -R
fslmaths rest_sm6 -mul rest_bet_mask rest_sm6
## register REST to T1
bet ${T1} t1_bet -n -m -R
epi_reg --epi=rest_ref --t1=${T1} --t1brain=t1_bet --out=rest2t1
## register T1 to MNI152
flirt -ref ${FSLDIR}/data/standard/MNI152_T1_2mm_brain -in t1_bet -omat
t12mni_affine.mat
fnirt --in=${T1} --aff=t12mni_affine.mat --cout=t12mni --config=T1_2_MNI152_2mm
```

三、运行ICA-AROMA

1. ICA-AROMA下载地址：<https://github.com/maartenmennes/ICA-AROMA>，我这里使用的版本是0.4.4-beta。
2. ICA-AROMA运行环境包括：FSL和python 2.7，以及一些python包（参考requirements.txt）等，根据报错信息相应进行安装。
3. 运行ICA-AROMA：

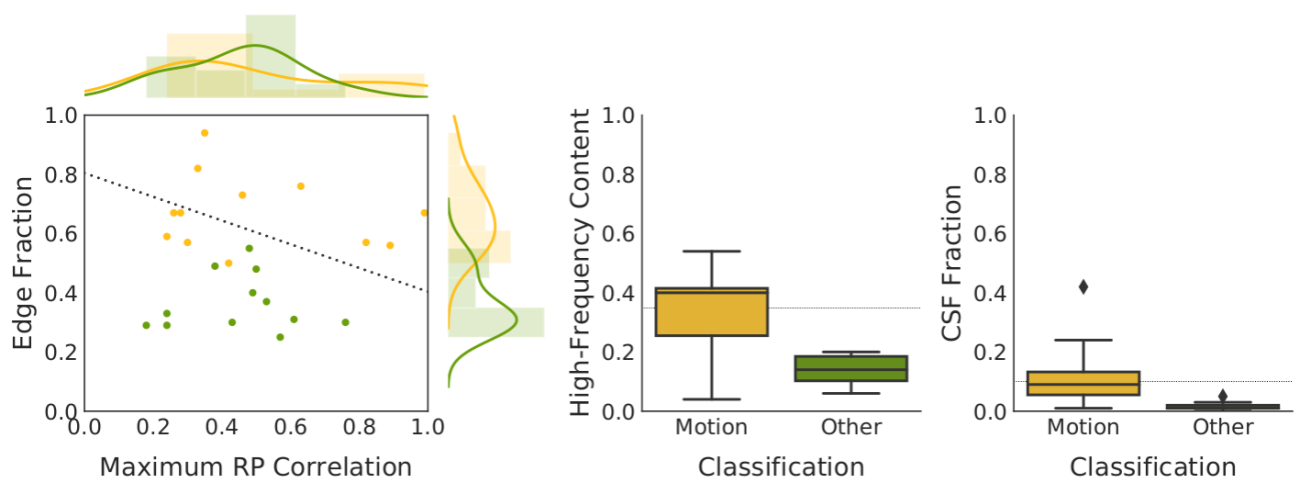
```
## ${script_dir} means the path of ICA-AROMA
## ${targ_dir} means the path of results created by ICA-AROMA
python ${script_dir}/ICA_AROMA.py -in rest_sm6.nii.gz -out ${targ_dir} -mc
rest_mc.par -affmat rest2t1.mat -warp t12mni.nii.gz
```

4. 其他参数

参考ICA-AROMA内的Manual.pdf或者 `python ICA_AROMA.py -h` 查看。

四、查看结果

1. `denoised_func_data_nonaggr.nii.gz` 表示去除头动噪声成分以后的fMRI数据，可以用于后续分析。
2. `classification_overview.txt` 包含每个成分标记的结果（是否是头动噪声）以及4个特征的值。
3. `ICA_AROMA_component_assessment.pdf` 是对标记结果的一个可视化，如下图所示：



4. `melodic_IC_thr_MNI2mm.nii.gz` 表示变换到MNI152空间并卡了阈值以后的成分。由于ICA-AROMA本身是一个自动标记的过程，通过检查这些成分，可以判断这个标记过程的准确性如何。在我当前的这个测试数据中，总共有24个成分，其中12个成分被标记为头动成分。根

据我自己的判断，这12个成分确实是噪声成分，但是2个噪声成分没有正确识别出来，如下图所示（其中一个成分）：

