

C-PAC (Configurable Pipeline for the Analysis of Connectomes)

## ● Ubuntu Commands

- `cd`: Change directory, navigates to different directories.
- `mv`: Moves or renames files and directories.
- `ls`: Lists files and directories in the current directory.
- `cat`: Views contents of text files.
- `cp`: Copies files or directories.
- `rm`: Removes files or directories.
- `sudo`: Allows users to run commands with administrative privileges.

## ● Docker

- **Docker**是一个开源的容器化平台，它允许开发人员和系统管理员构建、运行和分享应用程序容器。
- 容器是一种轻量级的、可移植的、自足的软件包，可以在几乎任何环境中运行。

核心组件:

- **Docker Engine:** 负责创建和运行容器。
- **Docker Compose:** 用于定义和运行多容器应用程序的工具。
- **Docker Hub:** 一个共享和管理容器镜像的云服务。

基本概念:

- **镜像 (Image):** 包含应用程序及其依赖项的静态快照。
- **容器 (Container):** 镜像的运行实例，可以被创建、启动、停止和删除。
- **卷 (Volume):** 用于数据持久化和共享的磁盘空间。

## ● Install VMtools

- `sudo apt update`
- `sudo apt install open-vm-tools open-vm-tools-desktop`
- `reboot`

Docker常用命令及介绍:

- `docker run`: 创建并启动一个或多个容器。
- `docker ps`: 列出正在运行的容器。
- `docker images`: 列出本地的所有Docker镜像。
- `docker pull`: 从Docker Hub或其他Docker镜像仓库中拉取镜像。
- `docker push`: 将本地的Docker镜像推送到Docker Hub或其他Docker镜像仓库中。
- `docker rm/docker rmi`: 删除容器和镜像。

## ● Install docker

- `sudo apt install curl`
- `curl -fsSL https://get.docker.com -o install-docker.sh`
- `sh install-docker.sh --mirror AzureChinaCloud (Aliyun)`
- `sudo groupadd docker`
- `sudo usermod -aG docker $USER`
- `sudo systemctl restart docker`
- `sudo journalctl -u docker.service`

## ● Uninstall docker

- `sudo apt-get purge docker-ce docker-ce-cli containerd.io docker-buildx-plugin docker-compose-plugin docker-ce-rootless-extras`
- `sudo rm -rf /var/lib/docker`
- `sudo rm -rf /var/lib/containerd`

- `lsb_release -cs` Ubuntu版本的代号
- `arch` 查看系统架构
- <https://download.docker.com/linux/ubuntu/dists/>
- `sudo dpkg -i docker.deb`

`usermod`: 是一个命令行工具，用于修改系统上现有用户的属性。

## ● CPAC (Configurable Pipeline for the Analysis of Connectomes)

- CPAC是一个开源的软件，用于神经影像数据的预处理和分析，主要关注功能连接分析。
- 它提供了一种自动化、可配置和可重复的方式来处理fMRI (功能磁共振成像) 数据。

### CPAC预处理流程

- 质量保证: 评估原始数据的质量，确保没有明显的影像伪影或其他问题。
- 切割: 删除影像数据的开始几个卷，以保证信号稳定。
- 切片时间校正: 校正时间序列数据，以消除由于数据采集时序造成的时间偏差。
- 运动校正: 修正运动引起的影像变形和位移。
- 去噪声和去线性趋势: 移除数据中的噪声和线性趋势。
- 空间标准化: 将数据映射到一个标准的神经影像空间，以便进行群体分析。
- 平滑: 增加信号的信噪比，通过空间平滑来改善统计效力。

### 3. 如何使用CPAC?

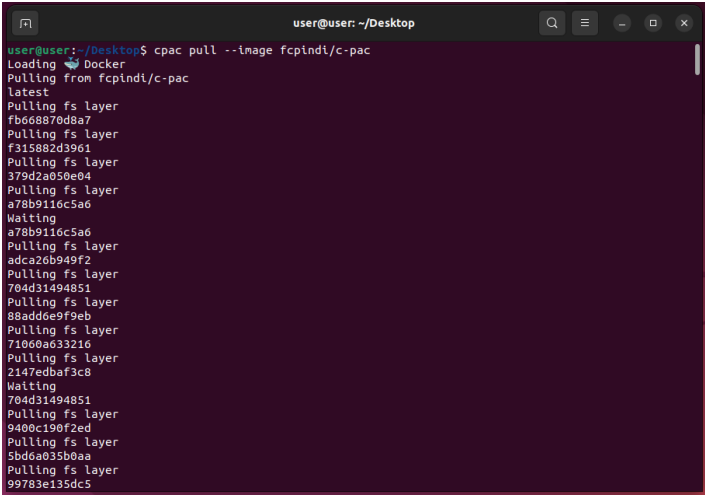
- 下载并安装CPAC软件。
- 准备你的fMRI数据和结构性MRI数据。
- 创建或修改一个配置文件，以指定预处理和分析的参数。
- 运行CPAC，监视进度，检查输出，并进行后续的功能连接分析。

### C-PAC参数列表:

- version: 显示C-PAC的版本信息。
- help: 显示C-PAC的帮助信息。
- data\_config\_file: 指定数据配置文件的路径。
- pipeline\_file: 指定管道配置文件的路径。
- preconfig: 指定预配置管道的名称。
- n\_cpus: 指定使用的CPU数量。
- mem\_gb: 指定使用的内存量（GB）。
- save\_working\_dir: 保存工作目录以便调试。
- output\_dir: 指定输出目录的路径。
- participant\_label: 指定参与者标签，以逗号分隔多个标签。
- session\_label: 指定会话标签，以逗号分隔多个标签。
- run\_uuid: 指定运行UUID，用于跟踪运行状态和结果。
- skip\_bids\_validator: 跳过BIDS验证过程。

● Install CPAC

- sudo apt install python3-pip
- pip install cpac -i <https://pypi.tuna.tsinghua.edu.cn/simple> (python> 3.6)
- find ~ -name cpac
- export PATH=\$PATH:/home/user/.local/bin
- echo 'export PATH=\$PATH:/home/user/.local/bin' >> ~/.bashrc
- pip install semver -i <https://pypi.tuna.tsinghua.edu.cn/simple>
- cpac pull --image fcpindi/c-pac



- docker run -i --rm \
- -v /Users/You/local\_bids\_data:/bids\_dataset \
- -v /Users/You/some\_folder:/outputs \
- -v /tmp:/tmp \
- -v /Users/You/Documents:/configs \
- -v /Users/You/resources:/resources \
- fcpindi/c-pac:latest /bids\_dataset /outputs
- participant --pipeline\_file /configs/pipeline\_config.yml

默认流程配置使用四种策略，分别是有或无全局信号回归，有或无带通滤波：

- T1处理包括数据方向的调整，去除头骨，分割白质、灰质和脑脊液，以及将数据配准到 MNI 空间。
- 功能预处理包括切片时间校正，运动校正，配准，噪声变量回归，带通滤波，空间平滑等。
- 个体水平分析包括 ALFF, fALFF, ReHo, VMHC, DC, EC, IFCD, ICN, SCA 等指标的计算和提取。
- 时间序列提取包括从不同的图谱中提取感兴趣区域的平均信号。
- 流程配置文件是一个 YAML 格式的文件，可以使用文本编辑器或者图形界面来修改或创建。

[https://fcp-indi.github.io/C-PAC\\_GUI/](https://fcp-indi.github.io/C-PAC_GUI/)  
<https://fcp-indi.github.io/docs/latest/user/index>  
[https://github.com/FCP-INDI/C-PAC/blob/main/CPAC/resources/configs/pipeline\\_config\\_default.yml](https://github.com/FCP-INDI/C-PAC/blob/main/CPAC/resources/configs/pipeline_config_default.yml)

## ● Computer Settings

名称：这个管道配置的名称，用于识别。（不能包含参与者的 ID 代码）。

每个参与者的最大内存（GB）：每个参与者的工作流可以分配的最大内存。用这个来限制内存使用的上限。

每个参与者的最大核心数：每个参与者在单机上分配的核心数，或在集群/网格节点上分配的插槽数。

首次崩溃时停止工作流执行：如果设置为 **True**（默认），**C-PAC** 在尝试运行管道之前，如果估计给定的数据和管道配置将超过内存或核心限制，将引发一个错误。如果设置为 **False**，**C-PAC** 将引发一个警告，并继续运行管道，即使估计给定的数据和管道配置将超过内存或核心限制。

同时运行的参与者数量：取决于计算资源。

**ANTS**的核心数：取决于计算资源。

**FSL** 目录：**CPAC** 要使用的 **FSL** 版本的完整路径。在集群/网格上运行 **CPAC**：如果您打算在单机上运行 **CPAC**，请选择 **False**。资源管理器：**Sun Grid Engine (SGE)**、**Portable Batch System (PBS)** 或 **Slurm**。只适用于在网格或计算集群上运行时。**SGE** 并行环境：运行 **CPAC** 时要使用的 **SGE** 并行环境。

**SGE** 队列：运行 **CPAC** 时要使用的 **SGE** 队列。只适用于使用 **SGE** 的网格或计算集群上运行时。

**TSE ROI Image** - [path]:

- **Avg** - 对于每个 ROI，输出该 ROI 内所有体素时序的平均值。
- **Voxel** - 对于每个 ROI，输出该 ROI 内所有体素的单个体素时序。
- **SpatialReg** - 在 GLM 中使用空间图作为空间回归，以找到与该图中体素相关联的时序。

## ● Anatomical Preprocessing

表面分析：运行 **FreeSurfer recon-all** 并生成 **CSF, WM, GM** 掩膜，**pial** 表面网格，平滑表面网格，球形表面网格，白质表面网格，沟回深度表面图，皮层厚度表面图和皮层体积表面图。

**FreeSurfer** - [开,关]：FreeSurfer recon-all。默认为关。

- **C-PAC** 提供了配置初始预处理的选项 - 用户可以选择：
- **ACPC** 对齐 - [开,关]：前联合 - 后联合 (ACPC) 对齐。默认为关。如果选择“开”，点击设置图标将弹出一个对话框，您可以在其中设置 **ACPC** 对齐参数。
- 非局部均值滤波 - [开,关]：ANTs DenoiseImage。默认为关。
- **N4** 偏场校正 - [开,关]：ANTs N4BiasFieldCorrection - 一种流行的 **N3** (非参数非均匀归一化) 回顾性偏场校正算法的变体。默认为关。

**ACPC** 脑大小：人类数据为 **150mm**，猕猴数据为 **70mm**。

**ACPC** 对齐的头骨模板 - [路径]：用于 **ACPC** 对齐的头骨模板。

**ACPC** 对齐的脑模板 - [路径]：用于 **ACPC** 对齐的脑模板。对于人类数据，可以是“无”。

去颅：去颅是从解剖图像中去除头骨和其他非脑组织，如硬膜和眼睛，这些组织可能会使配准和归一化步骤复杂化。

- **FSL: BET**。每个工具的进一步参数都是可配置的。
- **U-Net: U-Net** 是一个用于图像分割的全卷积网络 (FCN)。用户现在可以选择这个选项进行脑提取，特别适合非人灵长类动物数据。

已经去颅 - [开,关]：如果输入已经去颅（即结构输入数据只有脑部），可以将此选项切换为关。

去颅工具 - [FSL, AFNI, niworkflows-ants]：选择您想要使用 **FSL BET**、**AFNI 3dSkullStrip** 还是并行运行所有选项。

解剖配准：解剖配准是将不同的解剖图像（如 **T1w** 和 **T2w**）对齐到同一空间的过程。这可以提高图像的质量和信噪比，以及后续的组织分割和归一化。

- **ANTs: ANTs** 是一个用于图像配准和分割的软件包，它使用了多种优化策略和度量标准。
- **FSL: FSL** 是一个用于图像分析的软件库，它使用了线性和非线性配准方法。

注意：如果选择了 **ANTs** 的非线性配准，可以在下面设置一些参数，如变换类型、迭代次数、收缩因子和平滑因子。参数会影响配准的速度和精度。

变换类型 - [SyN, BSplineSyN]：

**SyN** 使用一个漫反射变换模型，

**BSplineSyN** 使用一个 **B** 样条变换模型。

迭代次数 -：默认值是 **100x100x70x20**。

收缩因子 -：收缩因子越大，图像越小，计算速度越快。默认值是 **6x4x2x1**。

平滑因子 -：平滑因子越大，图像越平滑，变换越柔和。默认值是 **3x2x1x0**。

## ● Functional Preprocessing

### Initial Preprocessing:

- ANTs N4BiasFieldCorrection - [开,关]: 选择开来对平均 EPI 图像进行 N4 偏场校正, 可能有助于提高配准质量。默认为关。
- Despike - [开,关,开/关]: 选择开来运行 AFNI 3dDespike。默认为关。
- Scaling - [开,关]: 选择开来将脑部缩放到不同的大小, 特别适合啮齿类动物数据。
- Scaling Factor - [整数]: 脑部的缩放因子。默认为 10。
- Motion Statistics before Slice Timing Correction - [开,关,开/关]: 选择开来在切片时序校正之前计算运动参数估计, 实际的运动校正仍然发生在切片时序校正之后。运动参数用于噪声回归和统计报告。默认为关。
- Motion Correction Tool - [3dvolreg, mcflirt]: 选择运动校正方法。选项: AFNI volreg, FSL mcflirt。默认为 AFNI volreg。
- Motion Correction Reference - [mean, median, selected volume]: 选择运动校正参考。选项: mean, median, selected volume。默认为 mean。
- Motion Correction Reference Volume - [整数]: 如果选择 “selected volume” 作为运动校正参考, 则选择一个整数作为运动校正参考体积。
- Motion Estimate Filter: 从头部运动估计中滤除生理 (呼吸) 伪影的滤波器。

### Slice Timing Correction:

Slice Timing Correction 是一种校正 EPI (fMRI) 图像中的时间差异的方法。EPI 图像是由多个 2D 切片组合成一个 3D 体积的。切片是按照一定的顺序逐个采集的, 可以是顺序的或者交错的。从第一个切片到最后一个切片的时间间隔等于重复时间 (TR)。Slice Timing Correction 的目的是通过插值的方法, 使每个切片中的体素的时间序列与一个参考切片相一致。

- First Timepoint - [整数]: 扫描中包含在分析中的第一个体积。如果你需要去除扫描开始时的一些体积, 以便磁场稳定, 你可以在这里设置。
- Last Timepoint - [整数/文本]: 扫描中包含在分析中的最后一个体积。如果你想在特定的点之前截断时间序列, 你可以在这里设置。否则, 设置为 “End” (扫描结束)。
- TR - [数值]: 体积采集时的重复时间。如果你希望从 NifTI 头文件中读取这个信息, 设置为 “None”。
- Perform Slice Time Correction - [On, Off, On/Off]: 对体素时间序列进行插值, 使采样发生在同一时间。
- Slice Acquisition Pattern - [Use NifTI Header, alt+z, alt+z2, alt-z, alt-z2, seq+z, seq-z]: 扫描时切片采集的顺序。

- 如果数据不符合上面列表中的 6 种采集顺序之一 (例如多带和多回波序列), 可以使用 AFNI 命令 `dicom_hdr` 来完成, 指定图像序列中的第一个 DICOM 文件, 以及输出 .txt 文件的名称:
- 将输出一个指定名称的文本文件。文件中的每个数字对应一个切片和它被采集时相对于 TR 开始时刻的时间。每个扫描对应的采集顺序文件路径应该在 `scan_parameters.csv` 或 `scan_parameters_multiscan.csv` 文件中 “Acquisition” 列中指定。
- 注意: `alt+z2` 是西门子扫描仪用于交错扫描且切片数为偶数时最常用的顺序。
- 注意: 如果为 Slice Timing Correction 指定了扫描参数信息, 那么它将覆盖管道配置 YAML 文件中指定的设置。



## Field Map-Based Distortion Correction

是一种用于减少EPI（fMRI）图像中由磁场不均匀性引起的失真的方法。

C-PAC提供了在预处理流程中包含基于场图的失真校正的选项，以及两种方法，Phase Difference（相位差）或Phase-Encoding Polarity（Blip-up/Blip-down）来进行失真校正。

- 失真校正 - [On, Off]：执行基于场图的失真校正。
- PhaseDiff - [On, Off]：使用单个相位差图像进行场图校正，这是两个回波相位图像的差值。这种方法的默认扫描仪是SIEMENS。
- Blip - [On, Off]：使用AFNI 3dQWarp计算EPI场图的失真解缠，这些场图具有相反/相同的相位编码方向。

## Functional to Anatomical Registration

即功能到解剖配准，是一种将功能图像（如fMRI）对齐到解剖图像（如T1加权图像）的过程。这个过程通常在功能磁共振成像（fMRI）数据分析中进行，以确保功能活动可以准确地映射到脑部的解剖结构。

在C-PAC中，可以通过两种方法完成(FSL FLIRT和BBR)。

- FSL FLIRT是一种基于线性变换的方法。
- BBR是一种基于非线性变换的方法。BBR通常能提供更准确的结果，但计算量更大。

在进行功能到解剖登记时，首先需要选择一个参考图像，通常是高分辨率的T1加权图像。然后，使用配准算法计算从功能图像到参考图像的变换矩阵。最后，将这个变换应用到功能图像上，得到配准后的功能图像。

注意：在进行功能到解剖登记之前，通常需要对功能和解剖图像进行预处理，包括去噪、校正运动和失真等步骤。此外，为了提高配准的精度，还可以在配准过程中包含额外的步骤，如使用场图进行失真校正。

注意：这里选择的参数适用于所有参与者的所有扫描。如果你需要为不同的扫描设置不同的参数，你可以创建多个流程配置文件，并为每个文件指定不同的参数。然后，在运行C-PAC时选择相应的配置文件即可。

## Functional to Template Registration

即功能到模板配准，是一种将功能图像（如fMRI）对齐到一个标准模板（如MNI152）的过程。这个过程通常在功能磁共振成像（fMRI）数据分析中进行，以确保功能活动可以准确地映射到一个标准的脑部空间。

在C-PAC中，可以通过两种方法完成：FSL FNIRT和ANTS。

FSL FNIRT和ANTS都是基于非线性变换的方法，但使用了不同的优化算法和变换模型。一般来说，ANTS能提供更准确的结果，但计算量更大。

在进行功能到模板登记时，首先需要选择一个参考模板，通常是MNI152或其他标准脑模板。然后，使用配准算法计算从功能图像到参考模板的变换矩阵。最后，将这个变换应用到功能图像上，得到配准后的功能图像。

去除干扰信号和噪声：

C-PAC提供了多种去除干扰信号的选项，包括平均WM和CSF时间序列、噪声感兴趣区域（noise ROI）、全局信号等。

- CompCor方法：这是一种基于成分的噪声降低方法，通过从噪声ROI中回归出主成分来校正生理噪声。
- 全局信号回归（GSR）：这是一种使用广义线性模型（GLM）去除整个大脑中共同的自发BOLD波动的预处理技术。
- 运动校正：C-PAC提供了四种主要的运动校正方法，包括体积重定位、使用广义线性模型回归出运动相关伪迹、去除运动混淆时间点的尖峰（de-spiking），以及屏蔽运动混淆时间点