

使用NODDI工具包分析DWI数据

Alex / 2024-11-22 / free_learner@163.com / AlexBrain.cn

本文介绍在Matlab环境下使用NODDI工具包分析DWI数据，计算NDI和ODI微结构指标的基本方法。

一、背景

NODDI (Neurite Orientation Dispersion and Density Imaging) 是一种常用的分析DWI数据的模型，该模型能够估计两个微结构指标：NDI (neurite density index) 和ODI (orientation dispersion index)。相比于经典的DTI模型，拟合NODDI模型至少需要2个不同b值的multi-shell的DWI数据。关于NODDI的原理，请参考文献：

Zhang, H., Schneider, T., Wheeler-Kingshott, C. A., & Alexander, D. C. (2012). NODDI: practical in vivo neurite orientation dispersion and density imaging of the human brain. *NeuroImage*, 61(4), 1000–1016. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.03.072>

这里介绍使用Matlab环境下的NODDI工具包分析DWI数据的基本步骤，我这里使用的NODDI版本为1.05、Matlab版本为2019b（包含optimization和parallel computing工具包），参考资料为NODDI官方教程：<http://mig.cs.ucl.ac.uk/index.php?n=Tutorial.NODDIatlab>。此外，教程中未涉及的内容可以前往NODDI[官方论坛](#)进行交流。

二、下载NODDI工具包和样例数据

1. 下载 NODDI 工具包：https://www.nitrc.org/projects/noddi_toolbox/。此外，还需要安装 `nifti_matlab` 工具包：https://github.com/NIFTI-Imaging/nifti_matlab。
2. 将 NODDI 和 `nifti_matlab` 添加到Matlab的搜索路径。如果安装了SPM等其他工具包，可以暂时先移除，避免可能的冲突。

```
addpath('/home/alex/Software/nifti_matlab/matlab')
addpath(genpath('/home/alex/Software/NODDI_toolbox_v1.05'))
```

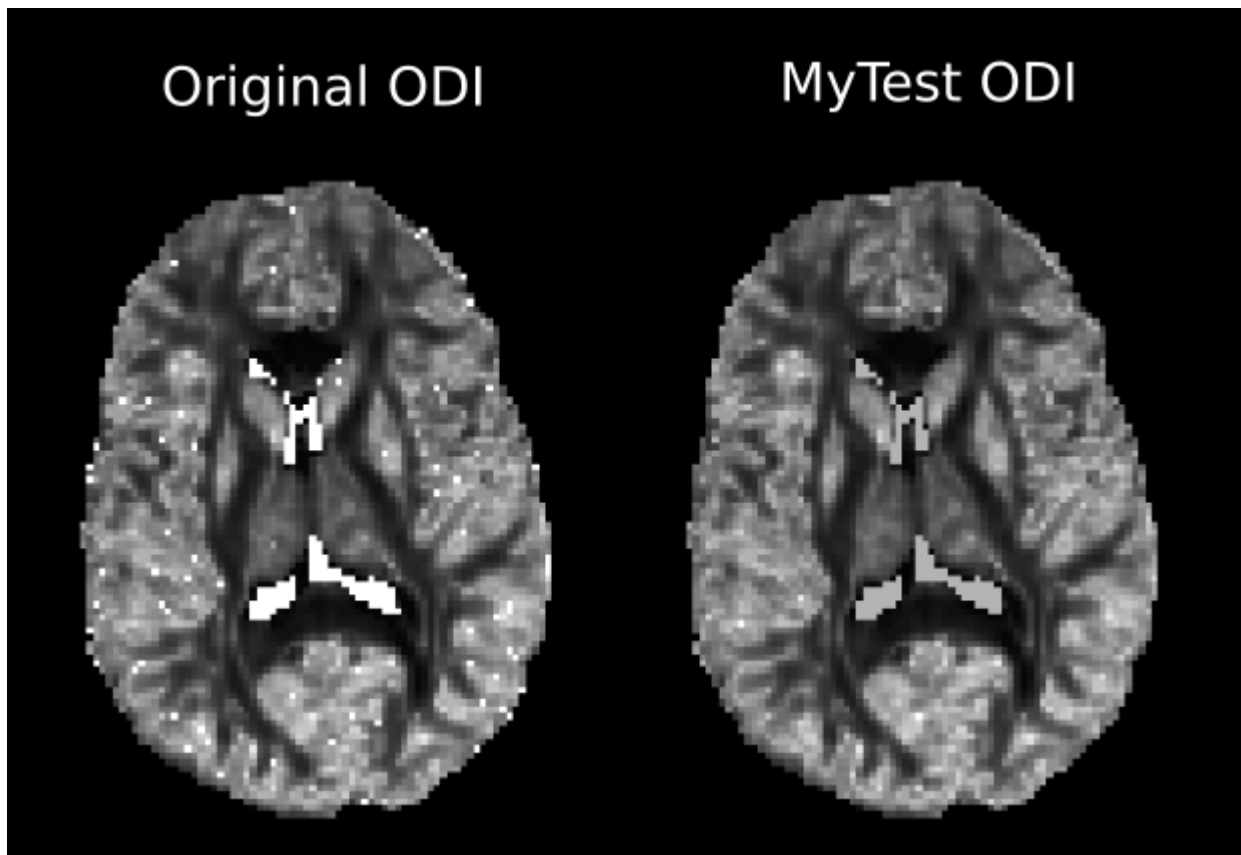
3. 下载官方提供的样例数据：https://www.nitrc.org/frs/download.php/11758/NODDI_example_dataset.zip，该样例数据包包含一个被试的DWI图像文件（`NODDI_DWI.hdr/img`）、FSL格式的bval/bvec文件（`NODDI_protocol.bval/bvec`）、全脑的mask文件（`brain_mask.hdr/img`）、单层的mask文件（`roi_mask.hdr/img`）。此外，还包含一个名为 `output` 的文件夹，包含使用NODDI工具包处理完的结果，可以用来和我们自己测试的结果进行对比。

三、基本使用方法

1. 在拟合NODDI模型前，通常需要对DWI图像进行一些预处理，比如涡流校正和头动校正等，可以使用FSL的eddy命令完成，具体做法可以参考我以前的[博客](#)或FSL的官方文档，这里不再赘述。
2. 使用NODDI工具包的基本步骤包含：将DWI图像数据转换为NODDI要求的格式、将FSL格式的bval/bvec文件转换为NODDI要求的格式、设置模型和拟合模型、将估计的参数保存为NIFTI格式。具体代码如下：

```
%% Set the input and output folders
in_dir='/home/alex/data/input/NODDI_example_dataset';
out_dir='/home/alex/data/output/my_test'
cd(in_dir);
%% Convert the DWI image data into required format
CreateROI('NODDI_DWI.hdr', 'roi_mask.hdr', [out_dir, '/NODDI_roi.mat']);
%% Convert the FSL-format bval/bvec files into required format
protocol = FSL2Protocol('NODDI_protocol.bval', 'NODDI_protocol.bvec');
%% Make the NODDI model structure
noddi = MakeModel('WatsonSHStickTortIsoV_B0');
%% Run model fitting using 8 cpu cores
batch_fitting([out_dir, '/NODDI_roi.mat'], protocol, noddi, [out_dir, '/FittedParams.mat'], 8);
%% Convert estimated parameters into NIFTI format
SaveParamsAsNIFTI([out_dir, '/FittedParams.mat'], [out_dir, '/NODDI_roi.mat'],
'brain_mask.hdr', [out_dir, '/example']);
```

3. 上面的代码使用的是单层的mask文件，即只在单层数据上进行分析，使用8核计算的运行时间大约为5分钟。如果使用全脑mask文件，运行时间大约为3小时（具体运行时间根据电脑硬件可能会有很大不同，但是单层和全脑数据所需运行时间的比例应该是类似的）。其中，`example_ficvf.nii` 和 `example_odi.nii` 表示NDI和ODI指标的文件。通过与样例数据中自带的结果比较发现，NDI指标几乎完全一样，ODI指标在少数体素和CSF上有较大差别（如下图所示），可能是由于使用不同版本分析导致的。



四、计算脑区均值需要注意的问题

通常我们计算脑区的均值就是计算该脑区内每个体素的指标数值的算术平均数，但是对于NDI和ODI指标，这种计算方法会引入偏差，原因是不同体素中的不同组织的比例不同，比如在靠近脑室的脑区，某些体素中有很大大比例的CSF。更准确的方法是计算组织加权均值，具体计算方法和代码请参考如下文献：

Parker, C. S., Veale, T., Bocchetta, M., Slattery, C. F., Malone, I. B., Thomas, D. L., Schott, J. M., Cash, D. M., Zhang, H., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (2021). Not all voxels are created equal: Reducing estimation bias in regional NODDI metrics using tissue-weighted means. *NeuroImage*, 245, 118749. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118749>