



در این تمرین قصد داریم تحلیل داده‌های الکتروفیزیولوژی (MEG, EEG) را با استفاده از تولباکس Brainstorm که برای نرم افزار متلب ارائه شده است به صورت عملی مرور کنیم.

آخرین ویرایش Brainstorm را می‌توانید پس از ایجاد یک حساب کاربری از آدرس زیر دریافت کنید:

<https://neuroimage.usc.edu/bst/download.php>

فایل zip این تولباکس به همراه فایل داده‌ها نیز برای انجام این تمرین ارائه خواهد شد. پس از استخراج محتوای فایل zip، مسیر پوشه مربوطه را در متلب وارد کنید. قبل از اجرای برنامه نیاز است که یک پوشه دیتابیس برای آن ایجاد کنیم. یک پوشه به نام `brainstorm_db` ایجاد کنید. فایل `brainstorm.m` موجود در پوشه تولباکس را در متلب اجرا کنید. در اولین اجرا، مسیر پوشه دیتابیس خواسته خواهد شد. مسیر پوشه `brainstorm_db` را وارد کنید.

داده ارائه شده برای این تمرین شامل یک ثبت MEG از یک فرد در حالت استراحت به همراه ثبت اتاق خالی برای مدل کردن نویز محیط می‌باشد. کانال‌های ECG و EOG نیز برای ثبت ضربان قلب و حرکات چشم فراهم شده است. داده موجود به صورت یک فایل فشرده ارائه شده است که می‌بایست محتوای آن را برای استفاده در تولباکس استخراج کرد.

الف. وارد کردن داده‌ها به Brainstorm

داده‌های فراهم شده به فرمت BIDS می‌باشند. ابتدا یک پروتکل جدید در تولباکس Brainstorm ایجاد کرده، سپس با استفاده از گزینه Import BIDS dataset داده‌ها را در نرم افزار وارد کنید.

ب. تطبیق داده‌های MEG با آناتومی سر فرد

برای تطبیق آناتومی سر فرد که از تصویربرداری MRI بدست آمده است با سنسورهای MEG موجود، از نقاط دیجیتال ثبت شده از سر کمک می‌گیریم. با راست کلیک روی CFT channels از گزینه MRI registration check > نقاط دیجیتال ثبت شده و تطبیق آن‌ها با سر فرد را بازبینی کنید.

در ابتدا عمل تطبیق سر را به صورت خودکار توسط نرم افزار انجام می‌دهیم. در مرحله اول از آنجایی که صورت فرد در تصاویر MRI محو شده است، نقاط دیجیتال مربوط به صورت را حذف کنید تا عملیات را دچار اشکال نکند. برای اینکار از پروسه Import > channel file > Remove head points استفاده کنید. در ادامه با استفاده از پروسه Import > channel file > Refine registration عمل تطبیق سر با نقاط دیجیتال به صورت خودکار انجام می‌گیرد. بار دیگر تطبیق نقاط دیجیتال با سر فرد را بازبینی کنید و در صورت عدم تطابق با راست کلیک روی CFT channels از گزینه MRI registration > edit عمل تطبیق را به صورت دستی انجام دهید.

۱. نتیجه را به صورت تصویری گزارش کنید.

ج. پیش پردازش

داده‌های ثبت شده MEG و EEG معمولاً به صورت چندین trial بوده و پیوسته نیستند. با استفاده از پروسه Import > Import recordings > Convert to continuous (CTF) داده‌های ثبت شده از فرد و همچنین داده‌های نویز را به ساختار پیوسته تبدیل کنید.

در این مرحله مؤلفه فرکانسی داده‌های ثبت شده را بازبینی می‌کنیم. برای این کار لازم است چگالی طیف توان^۱ (PSD) سیگنال‌های ثبت شده را محاسبه کنیم. این کار را با استفاده از پروسه Frequency > Power spectrum density (Welch) با پنجره‌های ۴ ثانیه‌ای دارای همپوشانی 50% و برای کل فایل انجام دهید. PSD محاسبه شده در زیر مجموعه داده خام قابل مشاهده است. نمودار مربوط به PSD سیگنال‌ها را بازبینی کنید.

¹ Power Spectrum Density

۲. نقاط پیک نمودار را چگونه تفسیر میکنید؟

حال به حذف برخی آرتیفکتهای می‌پردازیم. برای شروع تاثیر خطوط برق شهری را بر داده‌های ثبت شده کاهش خواهیم داد. مجموعه داده موجود در کشور کانادا ثبت شده است که فرکانس خطوط برق در این کشور 60Hz می‌باشد. قدرت این فرکانس و هارمونیک‌های آن در نمودار PSD قابل مشاهده است. با استفاده از Pre-process Notch filter > به حذف این فرکانس و هارمونیک‌های آن تا 300Hz (60 120 180 240 300) اقدام کنید. با به کار گیری یک Band pass filter فرکانس‌های کمتر از 0.3Hz را حذف کنید. با استفاده از پروسه پیشتر ذکر شده، PSD را مجدداً محاسبه کنید.

۳. نتیجه بدست آمده در نمودار PSD را به صورت تصویری گزارش کنید.

آخرین پوشه ایجاد شده تحت sub-0004 و sub-emptyroom شامل آخرین تغییرات ایجاد شده است. پوشه‌های قبلی را می‌توانید جهت راحتی ادامه کار و همچنین آزاد کردن حجم اضافی اشغال شده، حذف کنید.

داده کانال ECG که برای ثبت ضربان قلب استفاده شده است را می‌توان با کلیک راست بر روی داده خام (Raw) مشاهده نمود. ثبت EOG عمودی و افقی نیز با نام‌های VEOG و HEOG به همین ترتیب قابل دسترسی‌اند.

در اینجا قصد داریم از ثبت‌های ECG و EOG استفاده کرده و اثرات ضربان قلب و پلک زدن بر روی داده‌های ثبت شده توسط سنسورهای MEG را به حداقل برسانیم. در ابتدا باید زمان‌های اتفاق افتادن ضربان قلب و پلک زدن را تشخیص دهیم. این کار را با استفاده از پروسه Events > Detect heartbeats و انتخاب کانال ECG برای کل بازه زمانی سیگنال انجام دهید. همین فرآیند را برای پلک زدن با استفاده از پروسه Events > Detect eye blink و انتخاب کانال VEOG تکرار کنید. برای این قسمت فقط از داده sub-0004 استفاده می‌شود. پس از انجام این مراحل خواهید دید که زمان اتفاق افتادن ضربان قلب و پلک زدن بر روی داده‌های سنسورها برچسب خورده است.

در ادامه با پروسه‌های SSP: Heartbeats > Artifacts و SSP: Eye blinks آرتیفکتهای مربوطه را با استفاده از روش Signal space projection حذف می‌کنیم.

برای مشاهده مؤلفه‌های حذف شده توسط روش SSP می‌توانید از پروسه File > Save snapshot و انتخاب SSP projectors در قسمت snapshot استفاده کنید.

۴. درباره روش SSP تحقیق کنید و خلاصه‌ای از عملکرد آن را بیان کنید.

۵. snapshot های بدست آمده را تحلیل کنید.

(د) تخمین منابع^۲

پس از پیش پردازش داده‌ها، در این بخش می‌خواهیم از فضای سنسور به فضای منابع رفته و در واقع بر اساس اطلاعات سنسورها تخمینی از منابع مغزی بدست آوریم.

برای انجام این کار به طور کلی نیاز به در نظر گرفتن یک مدل سر^۳ یا مدل مستقیم^۴ و سپس تعیین یک روش برای حل مسئله معکوس داریم. در اینجا قصد داریم برای حل مسئله معکوس از روش dSPM^۵ [1] استفاده کنیم. این روش همانند روش sLORETA از دسته روش‌های Minimum norm imaging می‌باشد. برای به کارگیری این روش نیاز به محاسبه ماتریس کوواریانس نویز داریم که از ثبت اتاق خالی قابل محاسبه است. Sub-emptyroom را در اینجا به کار گرفته پروسه Sources > Compute covariance و کوواریانس نویز را برای کل فایل اجرا می‌کنیم. با فعال سازی گزینه Match by acquisition date ماتریس کوواریانس بدست آمده زیر مجموعه sub-0004 که هر دو در یک روز ثبت شده‌اند قرار می‌گیرد.

در این مرحله می‌بایست مدل مستقیم را محاسبه کنیم. جهت محاسبه مدل مستقیم از داده sub-0004 و پروسه Sources > Compute head model با Cortex surface به عنوان فضای منابع و Overlapping spheres [2] به عنوان روش محاسبه مدل سر برای MEG استفاده می‌کنیم.

پس از انجام این مرحله، Overlapping spheres در زیرمجموعه sub-0004 تشکیل خواهد شد که با کلیک راست بر روی آن و انتخاب Check spheres کره‌های در نظر گرفته شده به عنوان مدل سر را مشاهده خواهید کرد.

۶. چه تعداد کره برای مدل سازی سر در نظر گرفته شده است؟ این تعداد متناسب با چه مشخصه‌ای در داده‌ها است؟

با انجام مراحل پیشین، اینک می‌توانیم مسئله معکوس را برای داده حاضر محاسبه کنیم. از داده sub-0004 و پروسه Sources > Compute sources [2018] با روش Minimum norm imaging و dSPM به

² Source estimation

³ Head model

⁴ Forward model

⁵ Dynamic Statistical Parametric Mapping

عنوان Measure و قید Normal to cortex استفاده خواهیم کرد و تخمین منابع را انجام خواهیم داد. نتیجه با عنوان dSPM در زیرمجموعه داده خام قرار خواهد گرفت. با انتخاب آن، فعالیت‌های مغزی را در طول زمان ثبت به صورت گرافیکی مشاهده خواهید کرد.

در گام آخر نتیجه تخمین منابع را به صورت فرکانسی بررسی خواهیم کرد. به این منظور، چگالی طیف توان نسبی را برای نتیجه حاصله از حل مسئله معکوس محاسبه می‌کنیم. بر روی داده sub-0004 دو پروسه را اجرا خواهیم کرد. ابتدا Frequency > Power spectrum density (Welch) با تنظیمات پیشتر ذکر شده و در بازه زمانی صفر تا ۱۰۰ ثانیه و فعال سازی گزینه Group in frequency bands در PSD options، و سپس پروسه Standardize > Spectrum normalization با گزینه relative power.

dSPM بدست آمده را این بار استفاده کرده و دو پروسه را بر روی آن اجرا خواهیم کرد. Sources > Project on default anatomy با گزینه Cortex surface و پروسه Sources > Spatial smoothing با مقادیر پیشفرض.

نتیجه با عنوان PSD: | relative در زیرمجموعه dSPM قابل مشاهده است.

۷. نتیجه این بررسی فرکانسی را در تمامی باندهای فرکانسی به صورت تصویری گزارش کنید.

در شکل ۱ نقشه فرکانسی مشابه آنچه شما محاسبه کردید، به صورت متوسط گیری شده از داده‌های چند فرد مختلف ارائه شده است. نتایج خود را با تصویر ذکر شده مقایسه کنید. در نظر داشته باشید که طبقاً با توجه به متوسط گیری انجام شده تفاوت‌هایی مشاهده خواهد شد.

۸. آیا تفاوت معناداری که نتیجه ضعف در پیش پردازش داده‌ها باشد مشاهده می‌کنید؟

*** انجام این مرحله دارای نمره اضافی است:**

Beamformer از دیگر روش‌هایی است که کاربرد زیادی در حل مسئله معکوس دارد [4,5]. در این مرحله قصد داریم تخمین منابع را به روش LCMV Beamformer انجام دهیم. برای این کار علاوه بر کوواریانس نویز که پیشتر محاسبه شد، به کوواریانس داده‌ها نیز نیاز داریم. کوواریانس داده را می‌توان با استفاده از داده RAW و پروسه Sources > Compute covariance و انتخاب گزینه Data covariance محاسبه کرد.

در ادامه از داده RAW و پروسه [2018] Compute sources > Sources با روش LCMV Beamformer و قید Normal to cortex استفاده خواهیم کرد و تخمین منابع را انجام خواهیم داد. نتیجه با عنوان PNAI در زیرمجموعه داده خام قرار خواهد گرفت.

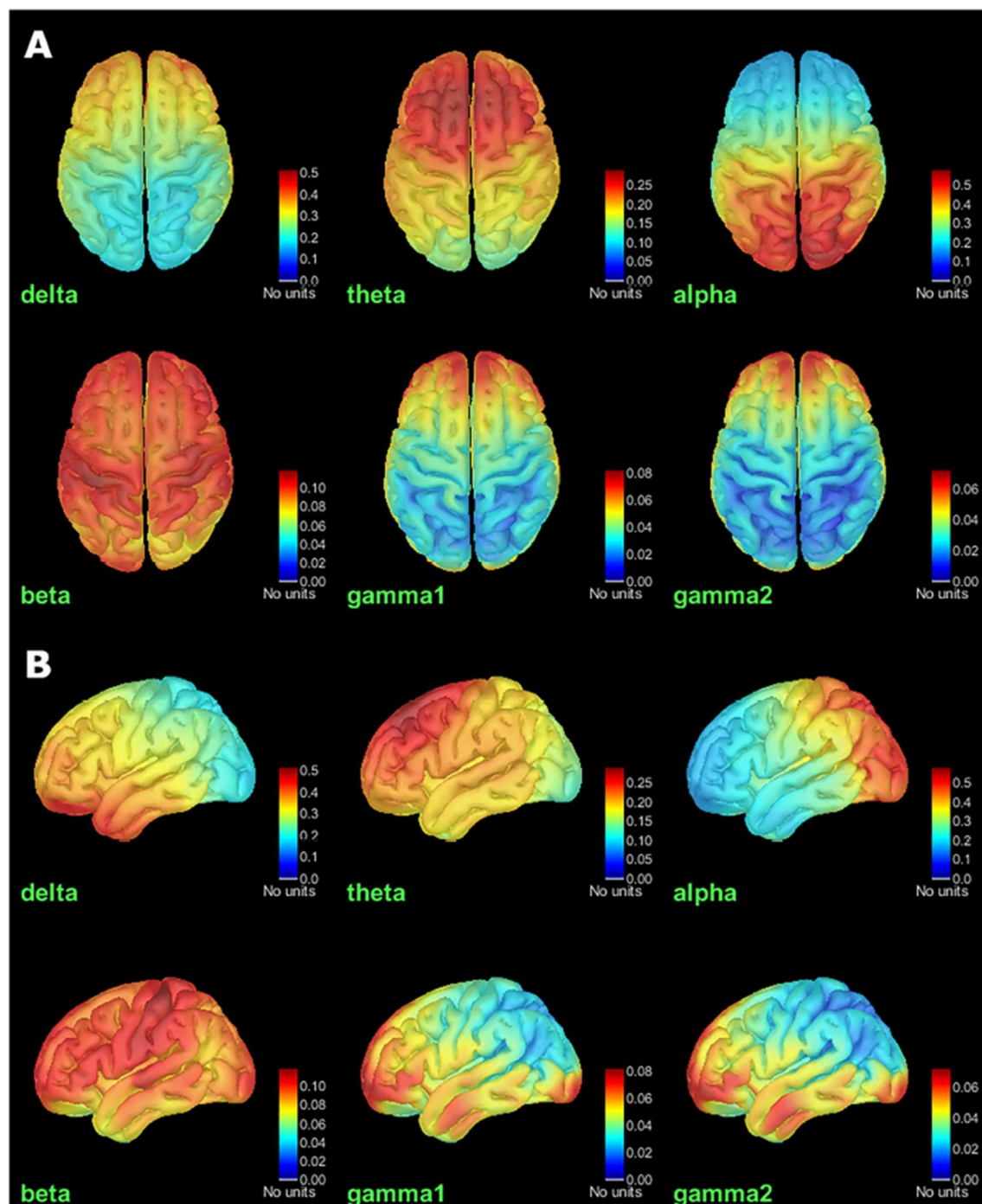
همانند فرآیندی که برای روش dSPM عنوان شد، با اجرای چهار پروسه پیشتر ذکر شده بر روی نتیجه PNAI، چگالی طیف توان نسبی را برای باندهای فرکانسی مختلف محاسبه کرده و بر روی آناتومی پیشفرض منعکس کنید.

۹. نتیجه این بررسی فرکانسی را در تمامی باندهای فرکانسی به صورت تصویری گزارش کنید.

۱۰. نتایج بدست آمده را با شکل ۱ و همینطور نتایج بدست آمده از روش dSPM مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه گیری می‌توان کرد؟

References

- [1] Dale, A. M., Liu, A. K., Fischl, B. R., Buckner, R. L., Belliveau, J. W., Lewine, J. D., & Halgren, E. (2000). Dynamic statistical parametric mapping: combining fMRI and MEG for high-resolution imaging of cortical activity. *Neuron*, 26(1), 55-67.
- [2] Huang, M. X., Mosher, J. C., & Leahy, R. M. (1999). A sensor-weighted overlapping-sphere head model and exhaustive head model comparison for MEG. *Physics in Medicine & Biology*, 44(2), 423.
- [3] Niso, G., Tadel, F., Bock, E., Cousineau, M., Santos, A., & Baillet, S. (2019). Brainstorm Pipeline Analysis of Resting-State Data from the Open MEG Archive. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 284.
- [4] Van Veen, B. D., & Buckley, K. M. (1988). Beamforming: A versatile approach to spatial filtering. *IEEE assp magazine*, 5(2), 4-24.
- [5] Van Veen, B. D., Van Drongelen, W., Yuchtman, M., & Suzuki, A. (1997). Localization of brain electrical activity via linearly constrained minimum variance spatial filtering. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 44(9), 867-880.



شکل ۱: نقشه PSD نسبی متوسط گیری شده در باندهای فرکانسی مختلف. A نمای بالا. B نمای جانبی [3]

موفق باشید

پدرام موصلی