

دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آنالیز داده‌های fMRI

درس تصویربرداری کارکردی مغز

ساسان کشاورز

۸۱۰۱۹۹۲۵۳

دکتر غلامعلی حسین زاده

تیرماه ۱۴۰۰

I- Questions

1- What is the purpose of temporal filtering (as a preprocessing step) in fMRI analysis? Which kinds of filters are applied to fMRI data?

مهم‌ترین دلیل استفاده از فیلتر زمانی در داده fmri حذف دررفت baseline مربوط به اسکنر است. (با گذشت زمان و گرم شدن اسکنر مشخصه‌های اسکنر تغییر می‌کنند و baseline تغییر می‌کند.) با گذاشتن یک فیلتر بالاگذر این آرتیفکت مربوط به دررفت را حذف می‌کنیم.

برای حذف آرتیفکت‌های فیزیولوژیک مثل ضربان قلب و تنفس که بر سیگنال BOLD اثر می‌گذارد و در نتیجه روی تصویر اخذشده هم همین آرتیفکت می‌افتد، از یک فیلتر پایین گذر استفاده می‌کنیم.

2- What are the limitations of MRI scanner for doing an auditory experiment? Do you know any technique to overcome this?

کوئل‌های گرادیان صدای شدیدی تولید می‌کنند که باعث اختلال در انجام تسک شنوایی می‌شود. همچنین هدفون‌های معمولی که از قطعات الکترونیکی عادی ساخته شده باشند در دستگاه درست کار نمی‌کنند.

برای حل این مشکل از هدفون‌های سازگار با MRI استفاده می‌کنند که هم باعث می‌شود صدای کوئل‌های گرادیان به سوژه نرسد و هم میدان‌های مغناطیسی درون اسکنر کارکرد هدفون رو مختل نکند.

3- How we can measure the hemodynamic response function with a temporal resolution more than the repetition time (TR) of our MRI pulse sequence?

باید با تکرار تعداد زیاد اندازه‌گیری‌ها نقاط مختلف HRF را به دست آورد و پاسخ کلی پیوسته را تخمین زد.

4- Briefly discuss the limits of spatial resolution in Fmri.

در رزولوشن مکانی fMRI دو عامل سایز واکسل و محدودیت فیزیولوژیک مؤثر هستند.

واکسل از اندازه مشخصی نمی‌تواند کوچک‌تر باشد چون SNR آن افت می‌کند و اگر واکسل خیلی کوچک باشد تعداد واکسل‌ها زیاد می‌شود و زمان تصویربرداری زیاد می‌شود. که هم باعث بلورینگ می‌شود و هم رزولوشن زمانی را خراب می‌کند. اگر سایز واکسل خیلی بزرگ باشد هم در حد واکسل چند بافت مختلف خواهیم داشت که مطلوب نیست.

محدودیت فیزیولوژیک یکی مربوط به این است که یک رگ خونی ده هزار عصب را خون‌رسانی می‌کند، پس از نظر مکانی نمی‌توانیم بگوییم دقیقاً چون سیگنال bold یک ناحیه زیاد بوده یک عصب خاص فعالیت الکتریکی داشته است. همچنین تأثیر عروق بزرگ هم وجود دارد که خون‌رسانی را در نواحی زیادی به عهده دارد و باعث ایجاد آرتیفکت می‌شوند.

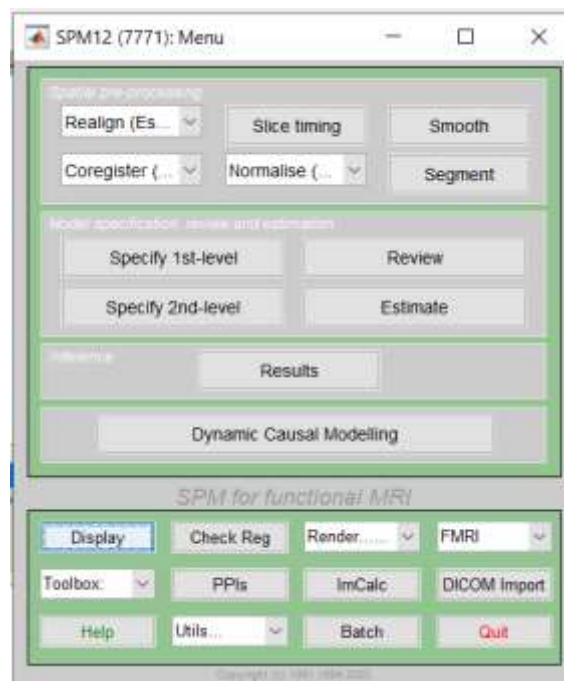
معمولاً رزولوشن مکانی fMRI به واسطه همین اندازه واکسل محدود می‌شود.

II-- Data Analysis

ابتدا فایل مربوط به run3 را از سایت مربوطه دانلود کردم و به دلیل آشنایی بیشتر با متلب از نرم افزار spm12 استفاده کردم. پس از نصب نرم افزار spm12، با استفاده از دستور ('dicominfo' متاداده فایل dicom موردنظر نمایش داده خواهد شد که شامل اطلاعات جامعی از دستگاه و مدالیتة اخذ تصاویر، سرعت تصویربرداری، تعداد اسلایس ها و ... می باشد. در صورت نیاز در بخش های بعدی برمی گردیم و از اطلاعات این بخش استفاده می کنیم. در پوشه ارسال شده علاوه بر این pdf فایل batch مربوط به ساخت ماتریس طراحی، فایل ماتریس طراحی SPM.mat، فایل اکسل شامل مقادیر onset ها برای ایجاد conditions موجود است.

i) Remove several (as required) first EPI volumes for the reason of intensity stability.

اولین قدم پیش پردازش این است که از فرمت dicom به nii تبدیل می کنیم. برای این امر دستور spm را در متلب اجرا می کنیم تا محیط کاربری آن به نمایش آید.



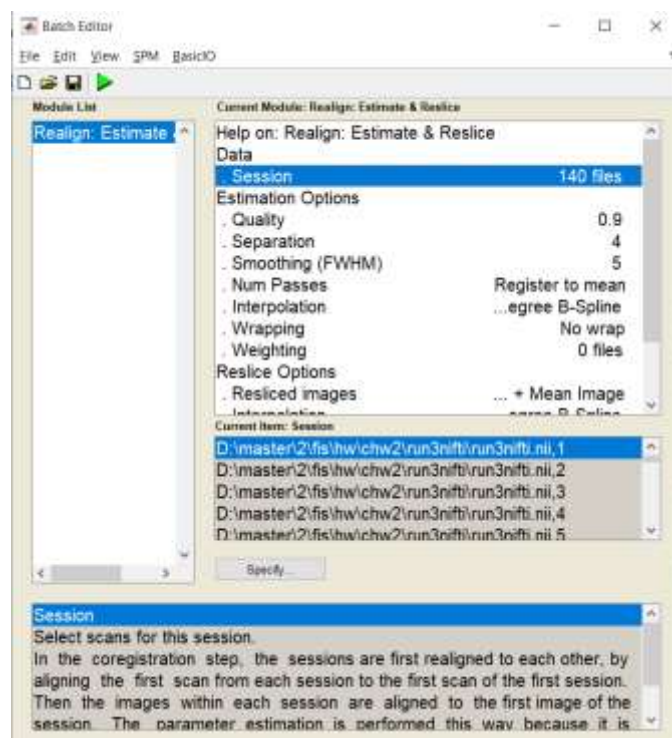
در این منو بخش DICOM import را انتخاب می کنیم و سپس فایل های dicom مربوط به run3 را به آن می دهیم. پوشه خروجی و نوع خروجی هم قابل تنظیم است.

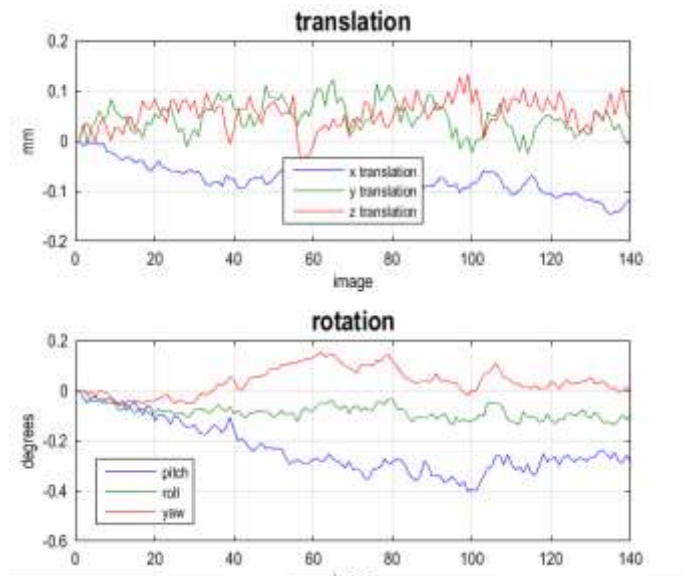
کل زمان تصویربرداری هر ران ۲۹۲ است و TR ۲ ثانیه است. پس یعنی هر ران شامل ۱۴۶ والیوم (تصویر از حجم سر) است که در Run3 از والیوم ۱۰۱۷ تا ۱۱۶۲ است. برای اینکه والیوم‌های ابتدایی تصویر مثلاً ۱۲ ثانیه اولیه حذف کنیم کافی است که صرفاً والیوم‌های مربوط آن‌ها را به این مبدل ندهیم. (یعنی والیوم ۱۰۱۷ تا ۱۰۲۲)

فایل خروجی یک فایل nii. خواهد بود که از والیوم ۱۰۲۳ تا ۱۰۶۲ را در خود دارد.

ii) Do the motion correction and report the estimated motion parameters (in 6 directions) in your report.

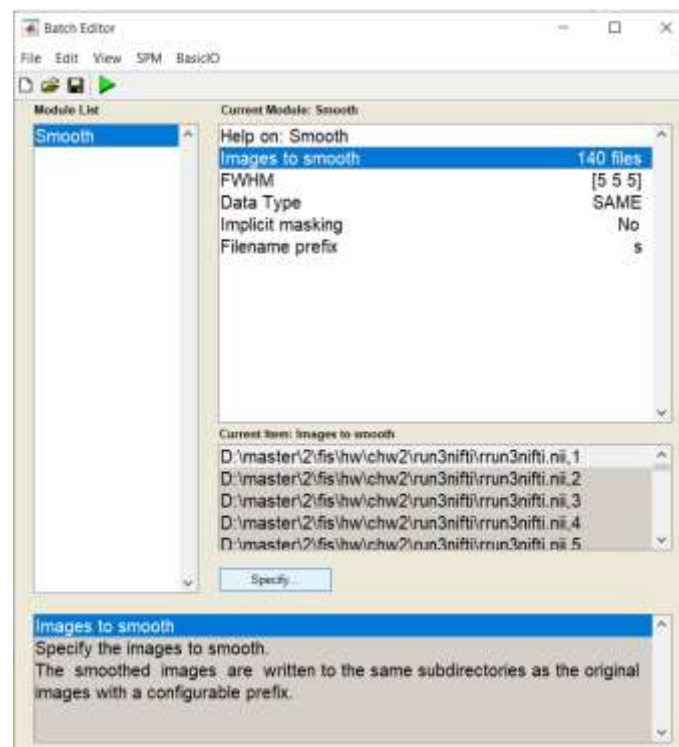
برای انجام تصحیح حرکت سر از منوی batch شروع می‌کنیم و چند ماژول پیش‌پردازش داده را به ترتیب می‌سازیم. البته برای این‌که می‌خواهیم مراحل را یک‌به‌یک بررسی کنیم برای شروع بهتر است از این روش استفاده نکنیم. برای انجام تصحیح حرکت سر ماژول Realign(estimate and resliced) را انتخاب می‌کنیم. ورودی فایل‌های nifti را به آن می‌دهیم اما تغییری در دیگر مقادیر پیش‌فرض ایجاد نمی‌کنیم و اجازه می‌دهیم که عملیات‌های مکانی لازم برای تصحیح حرکت سر همان مقادیر باقی بمانند. برای مثال از smoothing با FWHM ۵ میلی‌متری استفاده کند.





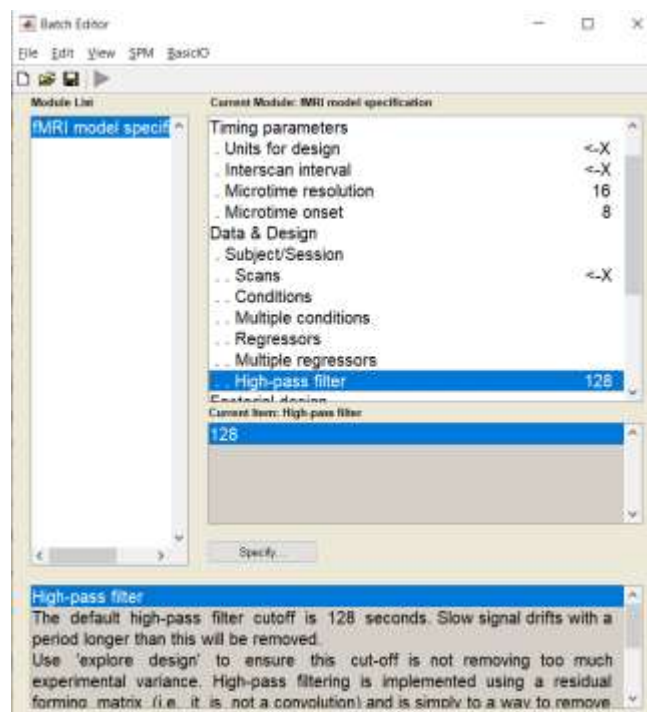
iii) Do the spatial filtering with FWHM of 5 mm. You do this step for validating the final results that you will get based on GRF.

برای انجام فیلترینگ مکانی به بخش smooth می‌رویم. مقدار FWHM را روی ۵ میلی‌متر می‌گذاریم و ران می‌کنیم.



iv) Remove the trends through high pass filtering (state the cut-off frequency you used in your report).

Spm برخلاف fsl بخشی مربوط به فیلترینگ فرکانسی در پیش‌پردازش ندارد و این مرحله را باید همزمان با پردازش داده‌ها در قسمت Data & Design، در منوی fMRI model specification (که همان 1st-level است) انجام داد. یعنی این فیلترینگ را روی ماتریس طراحی اعمال می‌کند. که آن را طبق توصیه استاد رو همان مقدار پیش‌فرض قرار دادم.



v) Set up your model (design matrix) with five exploratory variables corresponding to scene, object, scrambled, body and face. Model the noise with an AR process (both softwares have this capability). Use suggested HRF by the software to be convolved with the stimulation pattern. Print the resulted design matrix which is visualized by the software.

برای ساخت ماتریس طراحی به بخش specify 1st-level می‌رویم که ماژول fMRI model specification را باز می‌کند. ابتدا باید محل ذخیره شدن ماتریس طراحی را مشخص کنیم. سپس واحد طراحی را از اسکن به ثانیه تغییر دهیم چون می‌خواهیم onset آنست‌های مربوط به هر تسک را دقیق وارد کنیم.

Interval Interscan که همان TR هست را برابر ۲ ثانیه قرار می‌دهیم. چون از مرحله اصلاح زمانی اسلایس‌ها صرف نظر کردیم می‌توانیم microtime resolution و microtime onset را همان مقادیر پیش‌فرض ۱۶ و بگذاریم. سپس فایل اسکن‌های پیش‌پردازش شده را در قسمت scans قرار می‌دهیم.

کار اصلی برای ساخت ماتریس طراحی از اینجا شروع می‌شود. از توضیحات مربوط به انجام تسک میدانیم که مدت زمان کل انجام هر run ۲۹۲ ثانیه بوده است که ما ۱۲ ثانیه ابتدای آن را حذف کرده‌ایم.

هر run شامل ۱۰ بلوک تصاویر تحریک ۱۶ ثانیه‌ای و ۱۱ بلوک fixation است.

پس چینش دقیق run3 به‌صورت زیر خواهد بود:

fixation	object	fixation	scene	fixation	face	fixation	scrambled	fixation	body	fixation	body	fixation	scrambled	fixation	face	fixation	scene	fixation	object	fixation
----------	--------	----------	-------	----------	------	----------	-----------	----------	------	----------	------	----------	-----------	----------	------	----------	-------	----------	--------	----------

Run3	Object	Scene	face	Scrambled	Body	Body	Scrambled	face	Scene	Object
------	--------	-------	------	-----------	------	------	-----------	------	-------	--------

چون ما ۱۲ ثانیه ابتدای run3 را حذف کردیم پس آن fixation اول وجود نخواهد داشت و مجموع کل زمان ۲۸۰ ثانیه است. (پس ۱۰ بلوک تحریک و ۱۰ بلوک fixation خواهیم داشت.) در توضیحات تسک آماده است که در هر بلوک ۱۶ ثانیه‌ای تصاویر تحریک، ۱۲ بار یک تصویر تکراری نمایش داده می‌شود. که هر بار ۱ ثانیه به نمایش در می‌آید و ۰,۳۳ ثانیه بین هر دو تصویر متوالی فاصله است. یعنی هر بلوک شامل ۱۲ ثانیه نمایش تصویر و ۴ ثانیه خالی فاصله بین تصاویر است.

۵ نوع تحریک متفاوت body, face, scrambled, scene و object داریم.

شروع بلوک اول object ثانیه ۰ و شروع بلوک دوم object ثانیه ۲۵۲ است.

شروع بلوک اول scene ثانیه ۲۸ و شروع بلوک دوم scene ثانیه ۲۲۴ است.

شروع بلوک اول face ثانیه ۵۶ و شروع بلوک دوم face ثانیه ۱۹۶ است.

شروع بلوک اول scrambled ثانیه ۸۴ و شروع بلوک دوم scrambled ثانیه ۱۶۸ است.

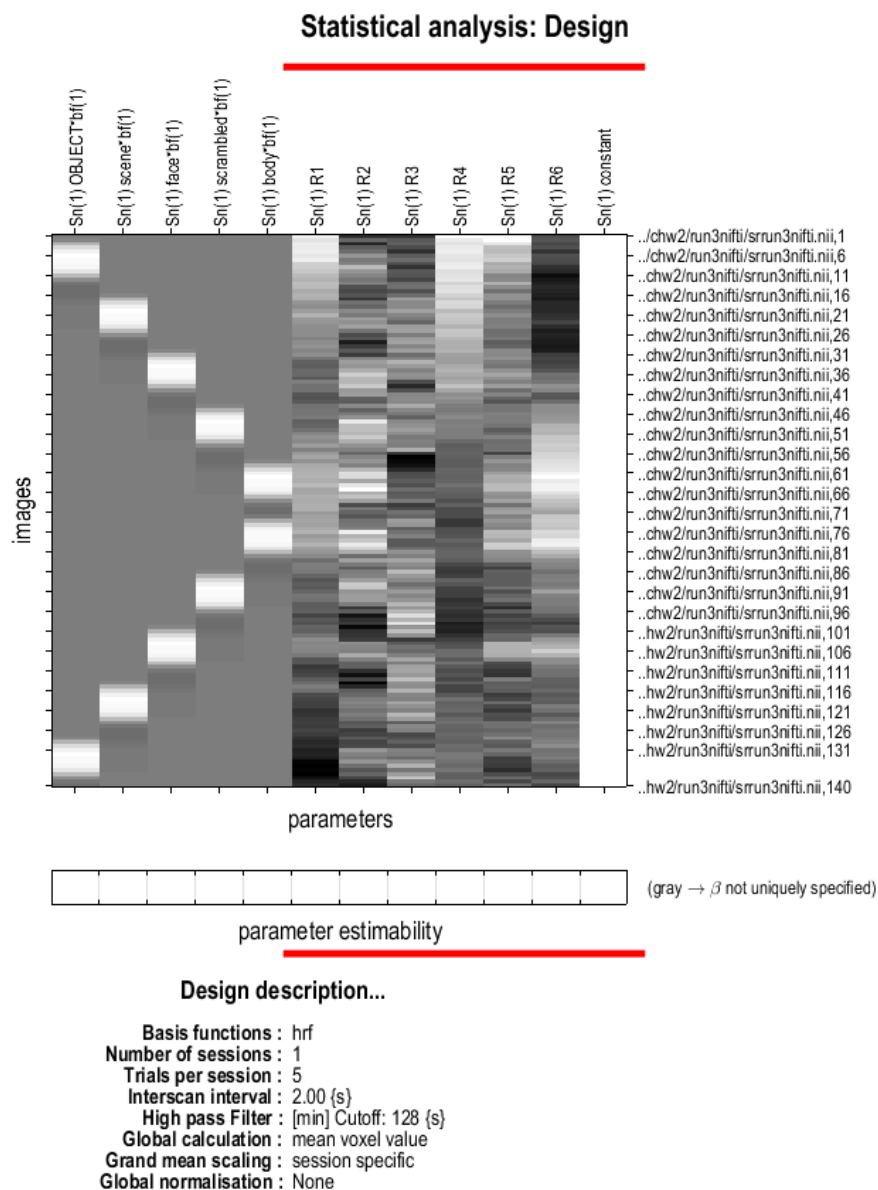
شروع بلوک اول body ثانیه ۱۱۲ و شروع بلوک دوم body ثانیه ۱۴۰ است.

باید در قسمت condition ماژول همه انواع بلوک‌ها را وارد کنیم و در نهایت ۵ condition خواهیم داشت. برای همه تصاویر نمایش داده شده در هر بلوک زمان شروع را با استفاده از اکسل محاسبه کرده و در قسمت onset هر condition وارد می‌کنیم. مدت زمان همه تحریک‌ها برابر ۱ است پس این عدد را هم در قسمت duration وارد می‌کنیم. برای هر condition هر دو بلوک مربوطه‌اش را پشت هم می‌گذاریم و به onset وارد می‌کنیم. چون در واقع یک محرک مشابه در زمانه‌ای مختلف نمایش داده شده است.

object 1	scene1	face1	scrambled1	body1	body2	scrambled2	face2	scene2	object 2
0	28	56	84	112	140	168	196	224	252
1.3333	29.3333	57.3333	85.3333	113.3333	141.3333	169.3333	197.3333	225.3333	253.3333
2.6666	30.6666	58.6666	86.6666	114.6666	142.6666	170.6666	198.6666	226.6666	254.6666
3.9999	31.9999	59.9999	87.9999	115.9999	143.9999	171.9999	199.9999	227.9999	255.9999
5.3332	33.3332	61.3332	89.3332	117.3332	145.3332	173.3332	201.3332	229.3332	257.3332
6.6665	34.6665	62.6665	90.6665	118.6665	146.6665	174.6665	202.6665	230.6665	258.6665
7.9998	35.9998	63.9998	91.9998	119.9998	147.9998	175.9998	203.9998	231.9998	259.9998
9.3331	37.3331	65.3331	93.3331	121.3331	149.3331	177.3331	205.3331	233.3331	261.3331
10.6664	38.6664	66.6664	94.6664	122.6664	150.6664	178.6664	206.6664	234.6664	262.6664
11.9997	39.9997	67.9997	95.9997	123.9997	151.9997	179.9997	207.9997	235.9997	263.9997
13.333	41.333	69.333	97.333	125.333	153.333	181.333	209.333	237.333	265.333
14.6663	42.6663	70.6663	98.6663	126.6663	154.6663	182.6663	210.6663	238.6663	266.6663

HRF مطابق خواسته سؤال همان پیش‌فرض spm یعنی canonical قرار می‌دهیم. زمان قطع فیلتر بالاگذر ۱۲۸ به‌عنوان پیش‌فرض در نظر گرفته شده است. معکوس این زمان همان فرکانس قطع است. باید در قسمت multiple regressor هم که مربوط به حرکات است را فایل ذخیره شده از مرحله پیش‌پردازش اصلاح حرکت سر را اضافه کنیم. همان‌طور که در قسمت حرکت اصلاح سر تصویرش مشاهده می‌شود این‌ها پارامترهای اصلاح حرکت سر در ۳ جهت و ۳ دوران هستند.

ماتریس طراحی به شکل زیر خواهد بود:



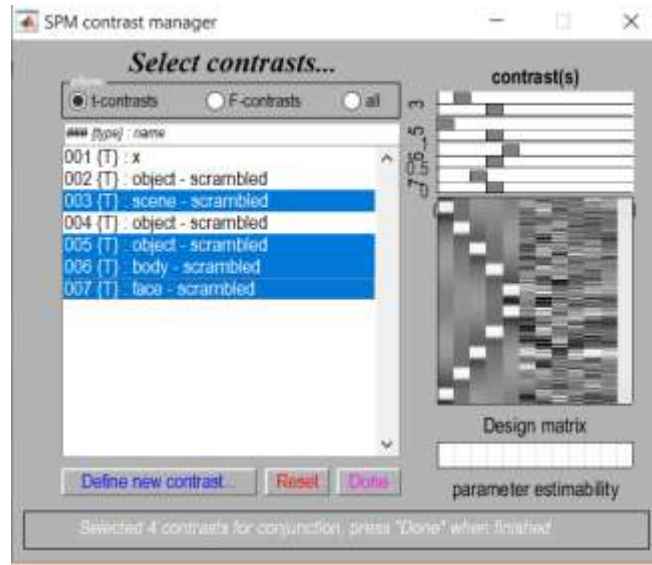
بخش مربوط به مدل کردن نویز با پروسه AR را در spm نتوانستم پیدا کنم. با جست و جو در سایت spm و گوگل هم به مطلب مفید و کاربردی برای این کار نرسیدم.

- vi) Set up four t-statistics to detect the activation areas corresponding to the below items.
- a) Some regions of the brain which are activated during the scene and not activated during scrambled.
 - b) Some regions of the brain which are activated during the object and not activated during scrambled.
 - c) Some regions of the brain which are activated during the body and not activated during scrambled.
 - d) Some regions of the brain which are activated during the face and not activated during scrambled.

برای ایجاد کنتراست‌های خواسته سؤال از منوی stats در SPM که مربوط به تحلیل‌های آماری است ماژول model stimulation را انتخاب می‌کنیم. با استفاده از این ماژول می‌توانیم عناصر مختلف مربوط به ماتریس طراحی را از هم تفکیک کنیم و کنتراست‌های موردنظر برای انجام مراحل بعدی آنالیز را می‌سازیم.

بعد از اینکه فایل ماتریس طراحی ساخته شده در مرحله قبل را به این ماژول دادیم و پارامترهای مدل تخمی زده شد. روی results کلیک می‌کنیم و SPM.mat که روی آن تخمین انجام شده است نمایش داده می‌شود. در این قسمت می‌توانیم کنتراست‌های مورد نظر خود را تعریف کنیم و چون مایل به انجام t-statistical هستیم همین گزینه t-contrast را انتخاب می‌کنیم. کنتراست‌های موردنظر موارد a تا d را می‌سازیم و نتیجه به صورت زیر خواهد بود.

a: scene =1 scrambled=-1 / b: objects=1 scrambled=-1
c: body=1 scrambled=-1 / d: face=1 scrambled =-1



vii) Let the software does the statistical analysis and obtain the T statistical maps of the previous items. Obtain the activated areas of above items for a threshold of 0.01 for corrected (for FEW) p-values. State the correction you select. Overlay the activated areas on the structural(T1-weighted) image. Then print proper slices (which point to activated parts of the brain) for all above items, and include them in your report. (please montage the output file in word file to save space)

در این مرحله باید فعالیت مربوط به ره کدام از کنتراست‌های مرحله قبل را پارامترهای موردنظر سؤال بررسی کنیم. یکی از کنتراست‌ها رو در منوی قبلی انتخاب می‌کنیم و done را می‌زنیم.

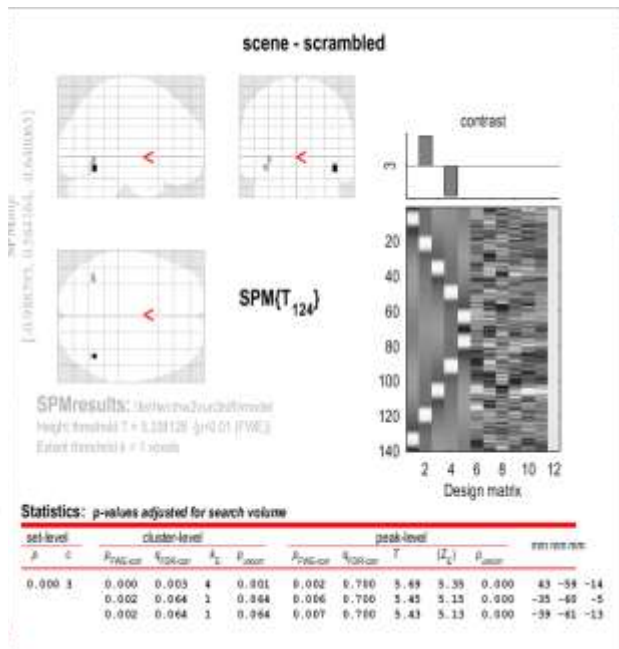
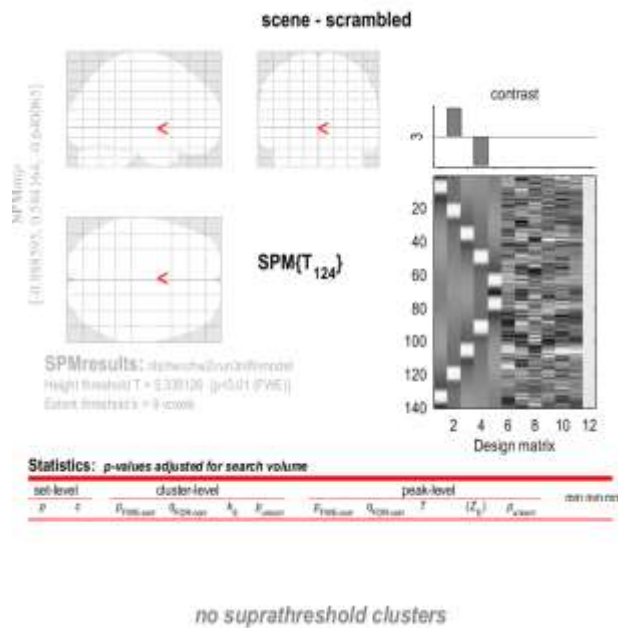
در منوی جدید باز شده برای بخش apply masking هیچ ماسکی در نظر نگرفتیم. مقدار آستانه برای p-value ۰,۰۱ در نظر گرفته شد و نوع آن FEW در نظر گرفتیم. همچنین تعداد واکسل‌های فعال برای فعال در نظر گرفتن یک خوشه را یک بار ۲ و یک بار ۱۰ در نظر گرفتیم تا اگر فعالیت جزئی موجود بود مشاهده شود.



در واقع معنای کنتراست‌های تعریف‌شده در صورت سؤال منطق تفاضلی است که برای مثال وقتی سوژه بدن را می‌بیند، صرف‌نظر از نواحی بینایی سوژه که فعال می‌شوند چه نواحی مستقلاً مربوط به ادراک و تشخیص بدن هستند. این موضوع همین‌طور برای منظره و چهره و شیء هم صادق است.

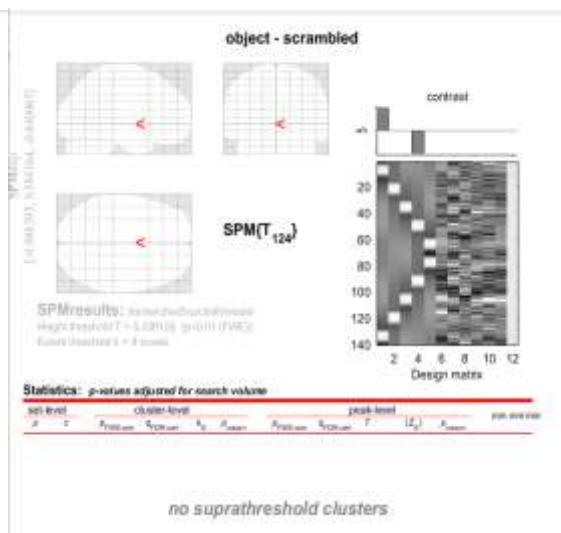
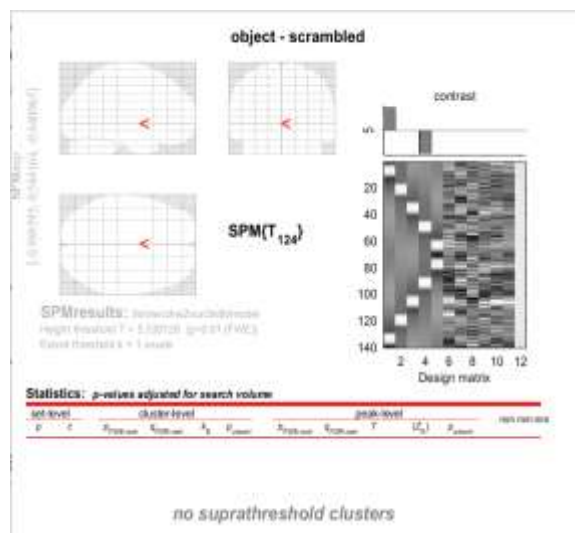
در همه اشکال شکل راست مربوط به خوشه ۲ تایی و شکل چپ خوشه ۱۰ تایی است.

(a) کنتراست فعالیت scene و استراحت scrambled :



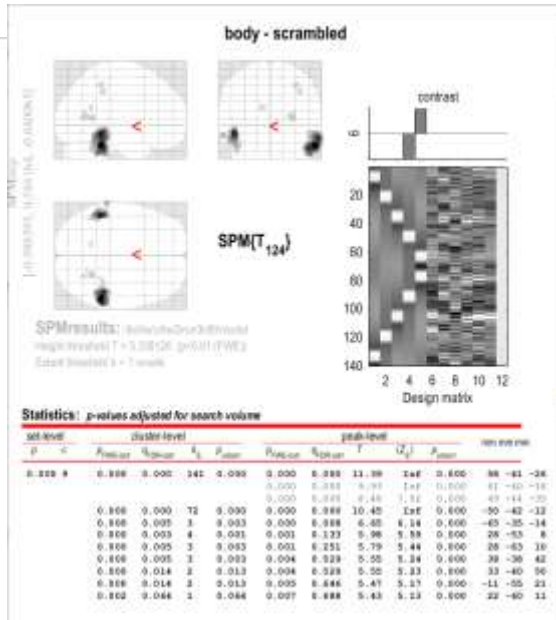
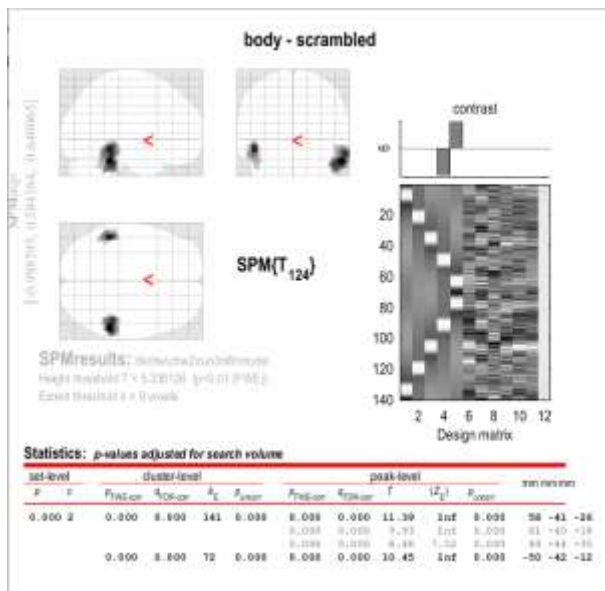
برای این کنتراست در حد خوشه‌های کوچک فعالیت مشاهده می‌شود ولی هیچ خوشه بزرگ‌تر از ۱۰ وجود ندارد.

(b) کنتراست فعالیت object و عدم فعالیت scrambled



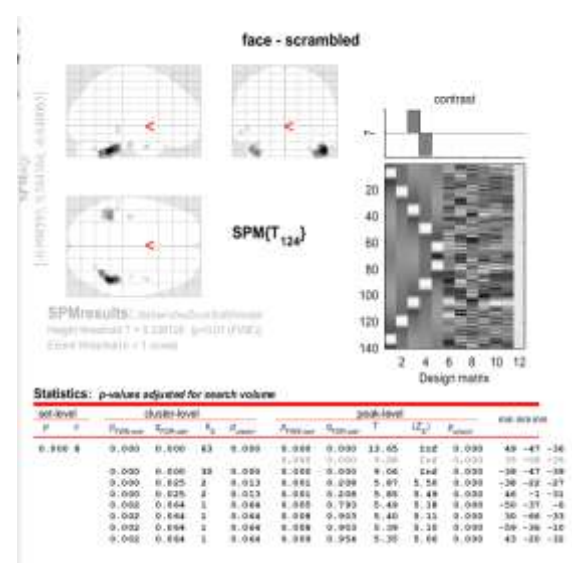
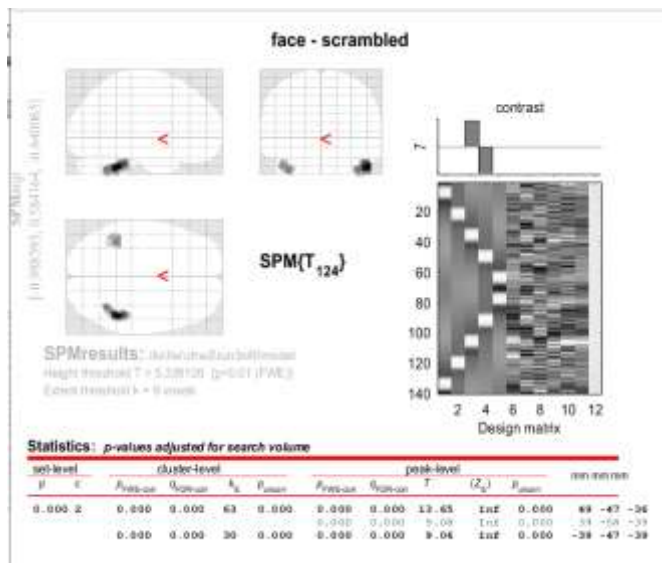
در این کنتراست حتی در حد ۲ واکسل هم فعالیت مشاهده نشد.

c) کنتراست فعالیت body و عدم فعالیت scrambled



برای تشخیص بدن هم خوشه‌های کوچک فعال بوده‌اند و هم خوشه‌های بزرگ.

d) کنتراست مربوط به فعالیت face و عدم فعالیت scrambled



نواحی فعال مربوط به تشخیص چهره هم در این تصویر مشاهده می‌شوند که با دانش قبلی ما از این ناحیه یعنی ناحیه face area fusiform مطابقت دارد.

مرحله نهایی سوال را که خواسته تصاویر را بر روی تصویر ساختاری با رزولوشن بالای سوزه بیندازیم را نمی‌توانیم انجام بدهیم ، چون تصاویر ساختاری MRI فرد را در اختیار نداریم. اما این کار به سادگی از منوی overlays قابل انجام است.