

# کاربرد تکنیک تصویربرداری عملکردی رزونانس مغناطیسی جهت نمایش و بررسی الگوی فعالیت کورتکس حرکتی مغز بهنگام انجام عمل فلکسیون-اکستاسیون مچ دست

جعفر فاتحی اصل<sup>\*</sup>، فریرز فائق<sup>\*\*</sup>، فرشاد عظیمی دهدزی<sup>\*\*\*</sup>، شاپور دهاز<sup>\*\*\*\*</sup>

## چکیده

**هدف:** در این تحقیق، فعالیت کورتکس حرکتی مغز به هنگام انجام عمل فلکسیون-اکستاسیون مچ دست از ۲۵ داوطلب نرمال با استفاده از پروتکل تصویربرداری بهینه شده گرادیان اکو پلنار (fMRI) از طریق اندازه گیری سیگنال MR وابسته به سطح اکسیژن خون اندازه گیری شده است.

**روش بررسی:** در این تحقیق از دستگاه MRI با شدت ۱/۵ تسلا جنرال الکتریک مدل سیگنا در بیمارستان نفت اهواز و پارامترهای بهینه شده پروتکل اکو پلنار بصورت زیر:  $TR = 2000\text{ ms}$ ،  $NEX = 1$ ،  $FOV = 24\text{cm}$ ،  $TE = 55\text{ ms}$ ،  $FlipAngle = 90^\circ$ ،  $Matrix\ Size = 128 \times 128$ ،  $Thickness = 5\text{ mm}$  استفاده شده است. در مجموع ۱۲۰ تصویر آگزیا با استفاده از طراحی بلوک بصورت سری نهائی در حین استراحت و انجام عمل فلکسیون-اکستاسیون مچ دست از نواحی مغزی اطراف شیار رولاندو در ناحیه مربوط به کورتکس حرکتی مچ دست تهیه گردید. تصاویر حاصل پس از تغییر فرمت از Dicom به Analyze توسط نرم افزار MRicro، در مرحله بعد توسط نرم افزار SPM2 بر روی نسخه ۷ نرم افزار MATLAB تحت مراحل پیچیده تجزیه و تحلیل و پردازش تصویر قرار گرفتند.

**یافته ها:** تحلیل یافته ها، افزایش معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) را در شدت سیگنال پیکسل کورتکس حرکتی مغز به هنگام انجام فعالیت در مقایسه با حالت استراحت نشان داد و ناحیه فعال در کورتکس حرکتی مچ دست در مغز این افراد بصورت خوشه هایی با وسعت ۱۵۳ تا ۱۸۵ واکسل ( $9/93 \pm 164/12$ ) ظاهر گردید.

**نتیجه گیری:** بنظر می رسد که از یافته های تحقیق بتوان جهت بررسی تغییر فعالیت کورتکس مغز در بیمارهای مختلف و پاسخ به درمان استفاده نمود. م ع پ ۱۳۸۷؛ ۷ (۲): ۲۱۵-۲۰۵

**کلید واژه گان:** تصویر برداری عملکردی، کنتراست BOLD، تکنیک اکوپلنار، کورتکس حرکتی مغز

## 1-Functional Magnetic Resonance Imaging

\*کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

\*\*استادیار تصویربرداری پزشکی، گروه فیزیک پزشکی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

\*\*\*متخصص جراحی مغز و اعصاب و رئیس مرکز بهداری و بهداشت صنعت نفت استان خوزستان

\*\*\*\*کارشناس ارشد آناتومی بیمارستان نفت اهواز

۱- نویسنده مسؤل: Email: jafarfatahi@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۶/۲۸      دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۸۷/۲/۱۴      اعلام قبولی: ۱۳۸۷/۳/۲۵

## مقدمه

تکنیک های تصویر برداری متداول MRI بطور گسترده در دنیا جهت تشخیص رادیولوژیک بیماریهای سیستم های مختلف بدن خصوصا مغز و اعصاب مورد استفاده قرار می گیرند. در این روش های تصویر برداری روتین، تصویر جزئیات آناتومیک بدن با قدرت تفکیک بالا تهیه می گردد و به کمک آن می توان تصویر بافت های نرم مختلف بدن را بخوبی با کنتراست عالی از یکدیگر تفکیک نمود اما علیرغم این توانمندی نمی توان اطلاعات فیزیولوژیک و عملکردی از مغز انسان کسب نمود. امروزه تکنیک تصویر برداری عملکردی با استفاده از خاصیت رزونانس مغناطیسی (fMRI) به عنوان یک تکنیک حیرت انگیز و جدید در بسیاری از مراکز تحقیقاتی تصویربرداری پزشکی در دنیا مورد توجه و تاثیر قرار گرفته و از تکنیک ها و وسایل مشابه تصویربرداری MRI استفاده می کند. در تکنیک fMRI ، تغییرات ایجاد شده در سیگنالهای MRI، در اثر بروز فعالیت های نورونی یا مغزی ثبت و ارزیابی شده و بدین طریق اطلاعات منحصر به فرد و ارزشمندی جهت کاربردهای بالینی و علوم پایه در زمینه عملکرد سیستم اعصاب حاصل می گردد [۱].

تکنیک fMRI ، تغییرات وابسته به میزان اکسیژن خون در سیگنال دریافتی MRI ، که متعاقب تغییر میزان فعالیت های مغزی مثلا بهنگام اعمال یک محرک یا انجام یک کار ایجاد می شود را ثبت می کند. این تکنیک در شناسایی سوبستراهای نوروبیولوژیک و ارتباط آن با عملکردهای مختلف مغز کمک می کند و با استفاده از آن می توان نقشه و الگوی جغرافیای آناتومیک نواحی خاص و حیاتی عملکردهای مختلف مغز از جمله نواحی فعال کورتکس مغز در فعالیتهای حرکتی مختلف بدن. حافظه، درک، فهم گفتار، بینایی، شنوایی، حواس مختلف و... را شناسایی، ثبت و تجزیه و تحلیل قرار داد [ ۳،۲،۱].

کورتکس حرکتی مغز که در قسمت قدامی شیار رولاندو و بر روی ناحیه precentral gyrus قرار گرفته، یکی از چند ناحیه کورتکس یا قشری مغز انسان است که به هنگام ایجاد و انجام حرکت اعضا و قسمت های مختلف بدن فعال می شود. طبیعتا سایر قسمت های کورتکس مغز نیز به سایر فعالیتهای مغزی مرتبط با اعمال و حسهای ویژه مختلف بدن از جمله بینایی، شنوایی، گفتار، حافظه، درک و فهم اختصاص دارند. در تحقیقات انجام شده توسط عده ای از محققین، با توجه به نقش خاص دست، انگشتان و مچ دست در حرکت و زندگی اجتماعی فردی، از تکنیک fMRI جهت بررسی فعالیت کورتکس حرکتی مغز بهنگام انجام اعمال حرکتی و انقباضی در این اندام استفاده شده است [۲،۴].

با توجه به کثرت موارد سکنه ها و آسیب های مختلف مغزی و عصبی و ایجاد ناتوانایی های مختلف حسی و حرکتی در مچ و دست، از تکنیک fMRI جهت بررسی میزان فعالیت یا تغییر فعالیت کورتکس حرکتی مغز متعاقب ایجاد ضایعات عصبی، در جهت بررسی میزان ضایعه و نیز چگونگی روند بهبودی و میزان پاسخ به درمان استفاده شده است [۲،۴،۵].

با توجه به وجود دستگاه های MRI با شدت میدان مغناطیسی بالا در ایران، و کاربرد گسترده این سیستم تصویر برداری پزشکی در مراکز تشخیصی درمانی در سطح کشور و از طرفی عدم استفاده از توانایی های ارزشمند و غیر تهاجمی تکنیک fMRI در ایران، جای آن دارد تا تحقیقات جامع بنیادی- کاربردی جهت معرفی و نمایش هرچه بیشتر توانمندی های تشخیصی این تکنیک در زمینه عملکرد سیستم مغز و اعصاب، بستر سازی استفاده عملی از آن و ارائه پروتکل های مدون و استاندارد جهت کاربردهای بالینی این تکنیک در ارزیابی فعالیت کورتکس مغز در شرایط نرمال و تغییرات فعالیت آن در بیماریهای مختلف مغز و اعصاب در ادامه تحقیقات آینده در ایران انجام گرفته و نهادینه سازی گردد. بدین منظور با توجه به مطالب فوق الذکر و اهمیت

در داخل کویل حلقوی مخصوص تصویر برداری از سر قرار داده شد و برای محدود ساختن حرکات سر بیمار به میزان حداقل ممکن نیز از پد در قسمت نگهدارنده سر استفاده گردید. برای تعیین محل شیار رولاندو و قسمت کورتکس حرکتی میچ دست در ناحیه Precentul gyrus پس از تهیه تصویر سریع و اولیه Scout از مغز تصاویری با کنتراست T1 در نماهای آگزیکال و کروئال و ساژیتال با ضخامت ۵mm میدان دید ۲۴cm با استفاده از تکنیک FLAIR تهیه گردید تا مقطع یا مقاطع حاوی ناحیه آناتومیک مناسب از کورتکس مغز شناسایی گردید. پس از تعیین لایه مورد نظر با استفاده از پروتکل تصویر برداری اکوپلنار (EPI) که از تکنیکهای سریع تصویر برداری در MRI است. تعداد زیادی تصویر با پارامترهای

زیر،  $TR=2000ms, TE=55ms, Fov=24mm, Slice\ thickness=5mm, delay\ time=3s, matrix\ size=128*128$  مقطع یا مقاطع مورد نظر در حالتی استراحت و فعالیت (فلکسیون-اکستانسیون میچ دست) با استفاده از یک طراحی بلوک (Bloch Design) تهیه گردید. در این طراحی بلوک از چهار مرحله استراحت و تحریک بطور متوالی استفاده شده و در هر مرحله ۳۰ تصویر گرفته شده که در مجموع ۱۲۰ تصویر در پایان آزمایش از هر فرد بدست آمد.

پس از انجام آزمایش و مشاهده تصاویر، اطلاعات بر روی CD ذخیره تا جهت انجام عملیات های مختلف پردازش تصویر و تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گیرد. حاصل عملیات پردازش تصویر شناسایی و تعیین تعداد واکسل های فعال شده در تصاویر مغز در ناحیه مربوط به کورتکس حرکتی میچ دست متعاقب انجام فعالیت فلکسیون-اکستانسیون است.

پردازش تصویر و تجزیه و تحلیل داده ها:

داده های تصویربرداری توسط نرم افزار MRICro و متعاقب آن بطور تخصصی و گسترده با استفاده از نرم افزار SPM2 (Statistical Parametric Mapping) و بر نسخه ۷ نرم افزار MATLAB مورد پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در ابتدا برای شروع عملیات

شناسایی الگوی دقیق فعالیت کورتکس حرکتی مغز بعنوان یک تحقیق بنیادی - کاربردی و استفاده از یافته های آن جهت کاربردهای بالینی توسط متخصصین و جراحان مغز و اعصاب بر آن شدیم تا الگوی فعالیت کورتکس حرکتی مغز را بهنگام انجام عمل فلکسیون - اکستانسیون میچ دست راست [۲-۳] برای اولین بار در ایران وبه موازات تحقیقات جدید انجام شده در دیگر کشورهای دنیا بطور کمی اندازه گیری نموده تا از یافته های حاصل جهت بررسی و سنجش میزان فعالیت و یا آسیب وارده به کورتکس در بیماری های مختلف مغزو اعصاب و از طرفی بررسی میزان بهبود بیمار بهنگام دریافت اقدامات دارو درمانی و توانبخشی مختلف استفاده گردد.

### روش بررسی

برای انجام این آزمایش از ۲۵ نفر داوطلب سالم راست دست (۱۵ نفر مرد و ۱۰ نفر زن با میانگین سنی  $(7/4 \pm 25/88)$  استفاده گردید. این افراد هیچگونه سابقه علایم و یا نشانه ای از بیماریهای عصبی و روانی نداشته و فاقد سابقه مصرف داروهای تحریک کننده و یا بازدارنده سیستم عصبی بودند. برای انجام آزمایشات از یک دستگاه MRI 1.5T GE مدل Signa متعلق به بیمارستان بزرگ نفت اهواز استفاده گردید. در حین انجام آزمایشات بیماران با آرامش در داخل مگنت دستگاه MRI قرار گرفته و دست بیماران در وضعیت راحت قرار داده شد. نوع و چگونگی حرکات لازم قابل اجرا توسط افراد مورد آزمایش از قبل توسط فرد آزمایش گر به داوطلب توضیح داده شده و شکل حرکت قبل از قرار گرفتن نمونه های داوطلب در داخل گاتری دستگاه توسط آنان تمرین می گردید. فعالیت مغز با استفاده از تکنیک تصویر برداری عملکردی رزونانس مغناطیسی fMRI و بهره گیری از پروتکل تصویر برداری اکوپلنار (EPI) از طریق ثبت سیگنال وابسته به تغییرات غلظت اکسیرن خون (BOLD) مورد سنجش و اندازه گیری قرار گرفت. برای انجام این تحقیق افراد داوطلب مورد آزمایش به حالت Supine در داخل مگنت دستگاه قرار گرفته و سر بیمار

و نتایج اخذ شده در مراحل مختلف آن تا کسب نتیجه نهایی آورده شده است.

نتایج پیش پردازش:

۱- تصحیح زمانبندی تصویر گیری مقاطع (Slice timing):

این تکنیک اختلاف بین زمان دریافت تصاویر لایه های مختلف را تصحیح می کند. که به نام فایل های تصویری که توسط نرم افزار SPM2 تعیین زمانی شده اندیک پیشنهاد a اضافه می گردد. آرگومان توالی مقاطع که توالی اخذ لایه را مشخص می کند، بصورت یک بردار N تایی است که N تعداد لایه ها در volume است. هر عدد معرف موقعیت لایه در فایل تصویر است. توالی اعداد در داخل بردار معرف توالی زمانی اخذ دادهای مربوط به لایه ها است.

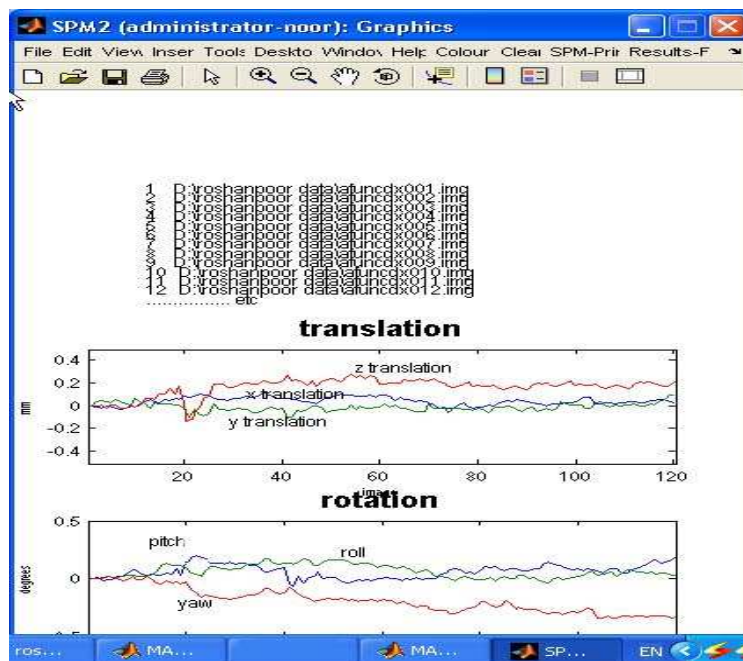
۲- نتایج سمتدهی دوباره (Realignment):

در این قسمت با استفاده از نرم افزار SPM2، تصاویر گرفته شده بصورت سریهای زمانی در یک فرد با استفاده کمترین مجموع مربعات و یک تبدیل فضایی یا مکانی ۶ پارامتری (جابجایی خطی و چرخشی حول X, Y, Z) سمتدهی دوباره می گردند. در این روش اولین تصویر یا تصویر میانی سری زمانی تهیه شده بعنوان تصویر مرجع توسط کاربر به نرم افزار SPM2 داده شده و سایر تصاویر گرفته شده نسبت به آن سمتدهی می شوند. هدف نهایی این تکنیک حذف آرتیفکت های حرکتی در سری زمانی تصاویر گرفته شده در تکنیک fMRI است. حاصل عملیات لازم جهت سمتدهی مجدد برای یک نمونه از کل افراد نرمال مورد بررسی در این مطالعه با استفاده از نرم افزار SPM2 در شکل ۱ آورده شده است.

پردازش تصویر، فرمت تصاویر MRI گرفته شده از نمونه های مورد بررسی با استفاده از نرم افزار MRICRO از فرمت DICOM که قالب تصاویر گرفته شده در دستگاههای اسکنر GE است به فرمت آنالیز (Analyze) که قالب کاری تصاویر در نرم افزار SPM2 است تغییر داده می شود. پس از آماده سازی فرمت تصاویر مربوط به تمام افراد مورد آزمایش مطابق آنچه توضیح داده شد، مراحل پیش پردازش (توضیحات این مراحل بطور کامل در قسمت نتایج آمده است) بترتیب شامل: سمت دهی دوباره، تصحیح زمان بندی مقاطع تصویربرداری شده، نرمالیزه کردن، هموار سازی مکانی، و پردازش تصویر با استفاده از نرم افزار SPM2 بر روی تصاویر انجام گرفته است. برای ادامه عملیات پردازشی و انجام تجزیه و تحلیل های آماری، در این مرحله ماتریس طراحی (Design Matrix) مورد نیاز برای انجام محاسبات طراحی گردید. برای انجام این کار اطلاعاتی از قبیل TR بر حسب ثانیه، تعداد اسکنها، کانولوشن مورد نظر (HRF) و زمان اعمال محرکهای مختلف به نرم افزار داده می شود. در نهایت برای مشاهده نتایج نوع کنتراست مورد استفاده (T-contrast, F-contrast) مشخص و در مرحله بعد مقدار P-value (معمولاً برابر با 0.05) و آستانه تحریک انتخاب می گردد تا تصویر نواحی فعال بر روی یک زمینه شفاف مغز مشاهده گردد. سپس با استفاده از دستور cluster یا volume، تعداد پیکسل های فعال متناسب با P-value انتخابی نشان داده شده، و تصویر خوشه های فعال شده بر روی تصویر T1 آناتومیک مربوطه منطبق و نتیجه نمایش داده می شود.

#### یافته ها

تجزیه و تحلیل تصاویر fMRI و دریافت محتوای اطلاعاتی نهایی آن، همانطوری که در بخش مواد و روشها بیان گردید، شامل مراحل پیش پردازشی و پردازش تصویر متعدد و پیچیده ای است که در این فصل تصاویر



شکل ۱: سمت دهی دوباره

#### ۴- نتیجه هموارسازی (Smoothing):

یک مرحله دیگر از پیش پردازش تصاویر بعد از نرمالیزه کردن، مرحله هموار سازی تصاویر است. کلیه تصاویر نرمالیزه شده‌ای که پیشوند W در پوشه اصلی تصاویر هر فرد مورد آزمایش ذخیره شده اند را جهت انجام این مرحله انتخاب می‌کنیم. هموارسازی، میانگین تمام نقاط داده ای را نسبت به نقاط مجاور محاسبه می‌کند. این تکنیک وضوح لبه های تصاویر را کاهش داده و محو می‌کند و این عمل را با فرونشانی سیگنالهای با فرکانس بالا و تقویت سیگنالهای با فرکانس پایین انجام می‌دهد. در SPM2 هموارسازی با استفاده از یک منحنی گوسی و معیار FWHM (پهنای منحنی در نصف ارتفاع ماکزیمم) انجام می‌شود. این مرحله در واقع یک نوع فیلتراسیون محسوب می‌شود و هدف آن کاهش نویز و افزایش SNR است به خاطر راحتی، FWHM را معمولاً دو تاسه برابر اندازه واکسل در نظر می‌گیرند که ما در اینجا FWHM را هشت میلیمتر انتخاب نموده ایم.

در شکل فوق میزان تصحیحات جهت انجام حرکات خطی و چرخشی لازم برای سمتدهی مجدد جهت حذف اثر آرتیفکت های حرکتی نشان داده شده است. منحنی موجود در شکل ۱ میزان جابجایی های خطی و چرخشی را در روند دریافت ۱۲۰ تصویر نشان می‌دهد که با استفاده از امکانات سمتدهی مجدد در نرم افزار SPM2 تصحیح گشته و فایل‌های سمتدهی شده یک پیشوند T بخود اختصاص می‌دهند.

#### ۳- نتایج نرمالیزه کردن تصاویر

##### (Normalization):

پس از ایجاد سمتدهی مجدد در تصاویر، مرحله نرمالیزه کردن آنها فرا می‌رسد، در این مرحله تصاویر حاصل از مرحله سمتدهی مجدد افراد مورد آزمایش به یک فضای استاندارد که بوسیله یک مدل ایده ال و یا قالبهای تصویر مشخص می‌شود نرمالیزه می‌گردند. قالب یک تصویر مرجع بر اساس فضای Talairach است. در این حالت کلیه فایل‌های تصویری موجود بعد از انجام عمل نرمالیزه کردن یک پیشوند W گرفته و ذخیره می‌شوند

اسکن های انجام شده، زمان اسکن، درخواست رسم HRF، تعداد شرایط مورد بررسی، زمان آغاز هر رویداد و مدت زمان هر عمل، به حاصل فرآیند مدل سازی دست خواهیم یافت. شکل فوق حاصل عمل تعریف مدل، که منجر به رسم تابع پاسخ همودینامیکی (HRF) می گردد را در یک فرد از نمونه های مورد آزمایش نشان می دهد. همان طور که قبلاً اشاره گردید منحنی HRF، در واقع معرف تغییرات سیگنال fMRI دریافتی در طول زمان در پاسخ به افزایش فعالیت نوروئی است. با استفاده از منحنی HRF افراد مورد آزمایش در این مطالعه به دست آمده، مدت زمان رسیدن منحنی به مقدار ماکزیمم را در هر یک از افراد مورد بررسی قرار داده ایم که مدت زمان رسیدن HRF به مقدار ماکزیمم خود در افراد مورد آزمایش دارای یک محدوده زمانی از ۵/۶ ثانیه تا ۶/۱ ثانیه (با میانگین  $0/2 \pm 0/85$ ) است. نمودار ۱: نیز تغییرات زمان رسیدن به ماکزیمم سیگنال در تابع HRF در افراد مختلف مورد آزمایش را نشان می دهد.

فایل تصاویر هموارسازی شده یک پیشوند S به خود اختصاص داده و در فایل تصویری ذخیره می گردند.

### نتایج مرحله پردازش اصلی و تجزیه و تحلیل

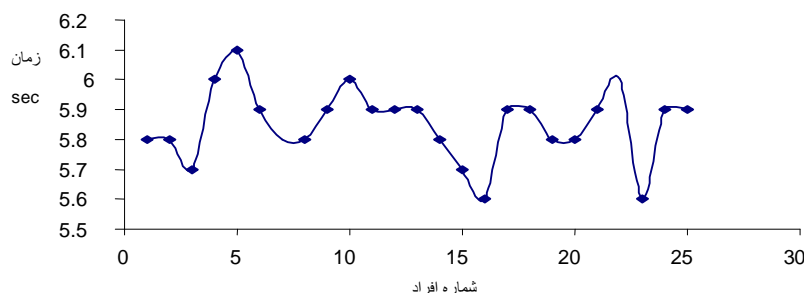
داده ها:

برای انجام مرحله اصلی پردازش تصویر و تجزیه و تحلیل داده ها، به تصاویر نهائی هموارسازی شده هر یک از افراد مورد آزمایش (تصاویری که تمام آنها با پیشوند S شروع می شود) نیاز است. حاصل عملیات این قسمت در چهار مرحله دریافت می گردد:

#### ۱- نتیجه تعریف و مشخصات مدل (Model Specification):

اولین مرحله تجزیه و تحلیل داده ها، مشخص نمودن ماتریس طراحی برای انجام تجزیه و تحلیل داده ها است. لازم به توضیح است که انتخاب مدل یک بار صورت می گیرد و برای تمام افراد مورد آزمایش از همین مدل اصلی استفاده می شود. برای این کار بر روی کلمه fMRI در قسمت میانی پنجره SPM2 کلیک کرده و با انتخاب گزینه طراحی (Design) و وارد نمودن سایر اطلاعات لازم مربوط به اسکن، از قبیل زمان TR، تعداد

تغییرات پیک زمانی منحنی HRF در افراد مورد مطالعه

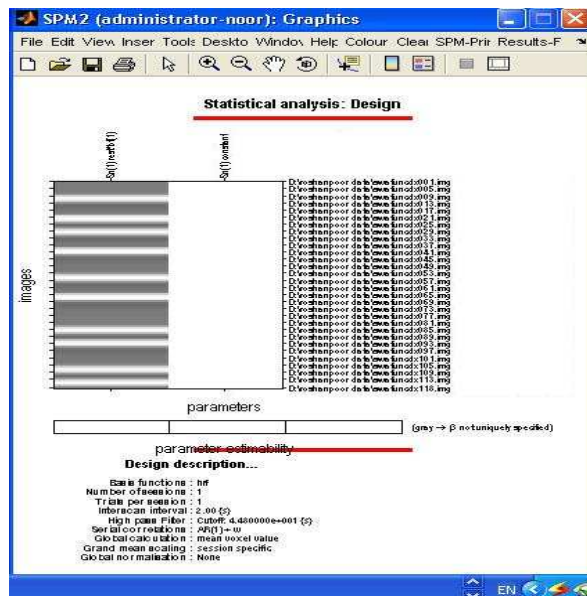


نمودار ۱: منحنی تغییرات زمانی رسیدن به ماکزیمم سیگنال در تابع

#### ۲- نتیجه تعریف و مشخصات داده ها (Data Specification):

داده ها (Specify Data) و وارد کردن اطلاعات مورد نیاز حاصل می گردد تعیین ماتریس تجزیه و تحلیل آماری داده ها در fMRI است.

نتیجه تعریف داده ها در شکل ۲ آورده شده است. نتیجه این عملیات که با کلیک بر روی دکمه fMRI در قسمت میانی پنجره SPM2 بخش تعیین مشخصه



شکل ۲: طراحی ماتریس در یک نمونه مورد آزمایش

۴ - نتیجه تعریف کنتراست: تعریف کنتراست بعد از تخمین پارامترها برای تمام واکنشها صورت می گیرد. در این مرحله نام و مشخصات آزمایش در پنجره مدیریت کنتراست وارد شده و عدد +1 را حالت فعالیت و عدد -1 را بحالت استراحت اختصاص می دهیم. برای این کار بر روی دکمه نتایج (Result) در پنجره SPM2 کلیک می کنیم و پس از انتخاب فایل SPM.mat ایجاد شده در مرحله تخمین مدل بر روی دکمه Done کلیک می کنیم. حاصل امر، باعث مشاهده پنجره مدیریت کنتراست می شود. و در قسمت انتخاب آستانه برای کنتراست T مقدار P را برابر با 0.05 انتخاب می کنیم حاصل نهایی این عملیات در شکل بعدی آورده شده است که در آن نواحی فعال بر روی تصویری تحت عنوان مغز شیشه ای (glass brain) با ظاهری مشابه به رادیوگرافی منطبق شده اند.

۴ - انطباق با تصاویر آناتومیک:

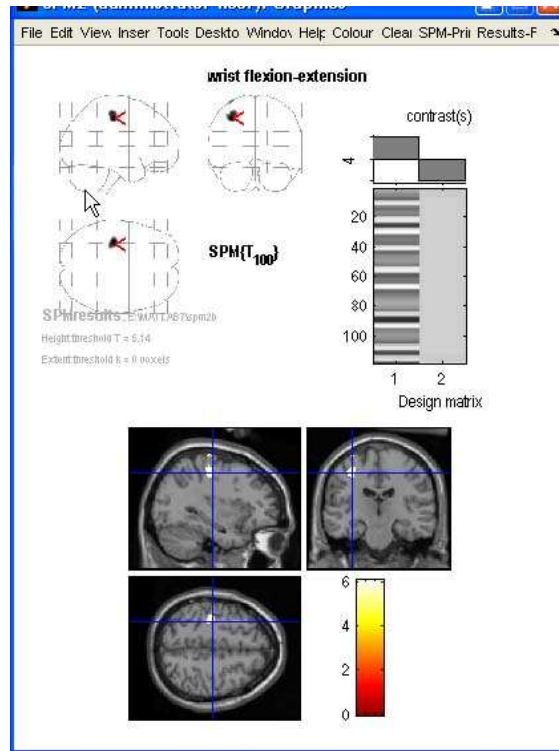
ماتریس طراحی در شکل فوق دارای دو ستون است که اولین ستون سمت چپ حاوی اطلاعات زمانی مربوط به شرایط فعالیت و ستون دوم معرف حالت استراحت است. و در هر ردیف ماتریس معرف یک اسکن انجام شده است. نواحی روشن و تیره متناسب در ستون اول معرف تغییرات فعالیت نورونها در حین انجام عملیات فلکسیون - اکستنسیون مچ دست در فرد مورد بررسی است.

### ۳- نتیجه تخمین مدل ( Mode Estimation):

در این روش کلیه عملیات مربوط به تخمین پارامترهای مختلف صورت می گیرد. به عبارت دیگر به هنگام تخمین یک مدل، ارتباط بین داده های fMRI هر فرد با مدل تعریف شده، مشخص می شود. این تخمین ها مربوط به Parameter estimation, Smoothness estimation, Hyperparameter estimation بوده که زمان پردازش نسبتاً زیادی را صرف نموده که فایلهایی بنام Beta جهت استفاده بعدی در نرم افزار SPM2 ذخیره می نماید.

مربوط به فرد مورد آزمایش را انتخاب می کنیم حاصل انطباق نقاط فعال تصویر مغز شیشه ای و تصاویر آناتومیک است.

در پنجره اصلی SPM2، بر روی دکمه منوی Overlay کلیک کرده و گزینه مقاطع را انتخاب می کنیم و از درون پوشه (canonical) فایل نهائی



شکل ۳: رویهم قرار گرفتن تصاویر آناتومیک و مغز شیشه ای

##### ۵ - تعیین وسعت ناحیه فعال :

برای اندازه گیری وسعت ناحیه فعال بر اساس تعداد واکسل ها بر روی دکمه VOI کلیک کرده و با انتخاب خوشه Cluster مساحت خوشه های فعال بر حسب تعداد واکسل نمایش داده می شود. و نتیجه آزمایش خوشه های فعال به وسعت ۱۵۳ تا ۱۸۵ واکسل (  $9/93 \pm 164/12$  ) را در مغز افراد مورد مطالعه بهنگام انجام فعالیت نشان می دهد.

##### بحث

یافته های حاصل از این مطالعه، نقش و توانائی تکنیک fMRI در ثبت فعالیت کورتکس حرکتی مغز به هنگام انجام عمل فلکسیون-اکستانسیون مچ دست را نشان می دهد. اطلاعات به دست آمده در این تحقیق که بر اساس کنتراست BOLD به دست آمده قادر است نواحی دارای افزایش سیگنال متعاقب انجام فعالیت های نورونی را به صورت کیفی و کمی به تصویر در آورد. و گزارشات سایر محققین مبنی بر توانائی تکنیک fMRI و کنتراست BOLD در ثبت فعالیت نورونی نواحی مختلف مغز را تایید می نماید. [۲۰، ۱۹]



کافی، اثرات ناشی از تغییر میزان اکسیژناسیون خون بر سیگنال fMRI به طور مناسب ثبت گردد [۲۱،۹]. پردازش تصاویر fMRI دریافت شده از دستگاه اسکنر متعاقب اخذ تصاویر اولیه در برگیرنده مراحل متعدد و پیچیده پیش پردازش و تجزیه و تحلیل و پردازش اصلی است که مستلزم دقت، توجه و مهارت در عملیات نرم افزاری و علم به اصول منطقی پردازش تصاویر fMRI است. در این تحقیق نیز جهت انجام کلیه عملیات پردازش تصاویر از ابتدا تا انتها از نرم افزار SPM2 اجرا شده بر روی نسخه ۷ نرم افزار MATLAB و MRIcro (جهت تبدیل فرمت تصاویر گرفته شده از دستگاه MRI از DICOM به Analyze) استفاده شده که از نرم افزارهای متداول مورد استفاده توسط سایر محققین در زمینه تحقیقات fMRI است [۲۱].

جهت افزایش دقت محاسبات و نتایج به دست متغیر بوده که یافته های سایر محققین را تأیید نموده و اختلاف معنی دار آماری ( $P \leq 0.05$ ) با آنها نشان نمی دهد [۱۹].

مطالعات انجام شده توسط محققین نشان می دهد که شکل منحنی HRF استخراج شده از نواحی مختلف کورتکس مغز متعاقب انجام فعالیت های حرکتی در افراد نرمال دارای الگوی کم و بیش مشابهی است. مطالعات انجام شده توسط محققین پیرامون علت مشاهده فاز بالارونده و افزایشی در منحنی HRF، منجر به ارائه دو فرضیه در این رابطه گردیده است که بر اساس نظریه اول، افزایش جریان خون جبرانی ناشی از مصرف اکسیژن در منطقه فعال نورونی باعث افزایش نسبت اکسی هموگلوبین به داکسی هموگلوبین و نهایتاً افزایش سیگنال گردیده و بر اساس فرضیه دوم، افزایش مصرف گلوکز در منطقه فعال نورونی باعث افزایش میزان جریان خون ورودی به ناحیه مورد نظر از کورتکس مغز و نتیجتاً افزایش میزان اکسیژن و بالارفتن نسبت اکسی

به طوری که از اطلاعات حاصل می توان جهت بررسی میزان فعالیت کورتکس حرکتی مغز در افراد نرمال و نیز بررسی تغییرات ایجاد شده در شرایط پاتولوژیک و بیماریها استفاده نمود [۱۸]. طراحی اصلی آزمایش fMRI جهت ثبت فعالیت کورتکس حرکتی مغز در این تحقیق با توجه به هدف آزمایش از نوع طراحی بلوک است که جهت بررسی مورد نظر مفید بوده و مقدار SNR بالاتری را با توجه به بالا بودن ذاتی مقدار نوع تصاویر در آزمایش fMRI ایجاد می کند [۱۹،۱۰].

انتخاب صحیح و مناسب پارامترهای TR، TE، اندازه ماتریس و FA مورد استفاده در سکانس پالسی EPI جهت اخذ تصاویر عملکردی با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه اصول فیزیکی تصویربرداری MRI و fMRI و مطالعات و آزمایشات سایر محققین به گونه ای صورت گرفته که در حین اخذ تعداد تصاویر مناسب و آماده سعی گردید تا حتی الامکان کلیه اصول علمی در انجام مراحل مختلف پردازش تصاویر رعایت گردد تا از ثبت نواحی فعال کاذب در کورتکس مغز که ناشی از ثبت و دریافت نا صحیح سیگنال در اثر عوامل مختلف منجمله حرکت سر در حین انجام آزمایشات است، اجتناب به عمل آید [۱۲،۱۳،۱۴،۱۸،۱۶،۱۷،۱۵].

اولین سری داده ها و نتایج کمی قابل استخراج در سری مراحل مختلف پردازش تصویر، که بعد از تصحیح زمان بندی دریافت تصویر لایه ها، سمت دهی دوباره، نرمالایز کردن و هموارسازی نهایتاً در مرحله محاسبات آماری و پردازش اصلی دریافت می گردد، منحنی پاسخ همودینامیکی افراد مورد آزمایش یا منحنی HRF است. این منحنی در واقع تابعی از سیگنال fMRI در طول زمان در پاسخ به افزایش فعالیت نورونی است. مدت زمان رسیدن منحنی HRF به مقدار ماکزیمم آن متعاقب انجام فعالیت فیزیکی فلکسیون - اکستانسیون مچ دست در افراد مورد بررسی از ۵/۶ تا ۶/۱ ثانیه ( $0.12 \pm 0.05$ )

فلکسیون-اکستانسیون مچ دست بعنوان گامی هر چند کوچک اما مثبت در اندازه گیری فعالیت کورتکس مغز انسان و استفاده از نتایج آن در کاربردهای بالینی است.

اما مسائلی چون پیچیدگی تکنیک fMRI و مراحل بسیار دقیق و پیچیده پردازش تصویر آن با توجه به نوپا و جدید بودن این تکنیک در دنیا و خصوصاً ایران ایجاب می نماید تا تحقیقات و مطالعات بسیار گسترده ای در زمینه راه اندازی و استقرار تکنیک fMRI به عنوان یک ابزار تشخیصی ارزشمند صورت گیرد. به عبارت دیگر می توان اظهار داشت که علی رغم اینکه می توان از تکنیک fMRI جهت ثبت و بررسی فعالیت فیزیولوژیک نورونهای مغزی در نواحی مختلف مغز و در فرآیندهای مختلف حسی، حرکتی، ذهنی و ... استفاده نمود، با این حال جهت استقرار و ثبات این تکنیک در دنیا و ایران نیاز به فعالیت ها و تحقیقات وسیعی وجود دارد.

ازاینرو پیشنهاد می گردد تا در ادامه تحقیق فوق، مطالعات متعدد و گسترده ای در زمینه هایی چون بهینه سازی، استاندارد سازی پروتکل های fMRI و بررسی روشهای مختلف نرم افزاری پردازش تصویر در بررسی کورتکس نواحی مختلف مغز انسان صورت گیرد و با صرف زمان و دقت بیشتر نواحی مختلف کورتکس مغز اعم از نواحی حسی، حرکتی و منحنی در افراد نرمال و بیماریهای مختلف و متداول عصبی و روند پاسخ آنها به درمان صورت گیرد.

### قدردانی

- بر خود واجب می دانم که از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر محمد علی بهروز که در تدوین و ویرایش این مقاله راهنمایی و همکاری همه جانبه فرمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

- همچنین از جناب آقای دکتر سید شمس الدین جزایری رادیولوژیست محترم بیمارستان بزرگ نفت اهواز جهت همکاری وی کمال تشکر و قدردان می نمایم.

هموگلوبین به داکسی هموگلوبین و نهایتاً افزایش سیگنال fMRI می گردد [۲۰].

به عبارت دیگر بر اساس فرضیه دوم، افزایش مصرف گلوکز سبب افزایش جریان خون و نهایتاً بالا رفتن اکسیژن در ناحیه فعال نرونی می گردد [۶،۷]. در مرحله بعد، هدف نهائی عملیات پردازش تصویر و محاسبات آماری انجام شده در این تحقیق، شناسائی و محاسبه تعداد واکسل هائی است که در اثر انجام فعالیت فلکسیون - اکستانسیون مچ دست، دارای افزایش معنی دار شدت سیگنال (با  $P \leq 0.05$ ) در مقایسه با حالت استراحت بوده اند. در این رابطه، حاصل عملیات انجام شده جهت محاسبه واکسل های فعال و انطباق خوشه های فعال بر روی تصویر شیشه ای مغز، فعالیت هائی را به وسعت ۱۵۳ تا ۱۸۵ واکسل ( $9/93 \pm 164/12$ ) در ناحیه کورتکس حرکتی مغز در افراد مورد آزمایش به هنگام انجام عمل فلکسیون - اکستانسیون مچ دست نشان داد که مطالعات Hutchinson را نیز تأیید می نماید [۱۹].

با توجه به اینکه حرکت فلکسیون - اکستانسیون مچ دست یکی از ملاک های مهم سنجش میزان فعالیت کورتکس حرکتی مغز در افراد مبتلا به ضایعات عصبی از جمله سکتة های مغزی است، از این روش و یافته های حاصل از آزمایش می توان جهت پی بردن به وسعت ضایعه در کورتکس حرکتی مغز متعاقب ایجاد آسیب و پیگیری وضعیت بیماران در پاسخ به مراحل مختلف درمان از جمله دارودرمانی و فیزیوتراپی نیز استفاده نمود [۱۹،۱].

به طور کلی مطالعه فوق با تأیید سایر مطالعات انجام شده در زمینه fMRI در دنیا، نشان داد که از این تکنیک (fMRI) می توان جهت ثبت کیفی و خصوصاً کمی فعالیت کورتکس مغز در افراد نرمال و حتی متعاقب آن در حالات پاتولوژیک نیز استفاده نمود و از این روش به عنوان افقی نو در بررسی فعالیت فیزیولوژیک مغز یاد نمود. اندازه گیری فعالیت کورتکس مغز در هنگام انجام

## منابع

- 1- Gore JC. Principles and practice of functional MRI of the human brain. *J.Clin.Invest* 2003; 112: 4-9
- 2-Rodriguez M, Muniz R, Gonzalez B, Sabate M. 2004. Hand movement distribution in the motor cortex: the influence of a concurrent task and motor imaging. *Neuro Image* 2004; 22: 1480-91
- 3- Ward NS, Swaine OBC, Newton JM. Age- dependent changes in the neural correlates of force modulation: An fMRI study. *Neurobiol Aging* 2007.
- 4- Weber HV, Wedekind ZO, Krings C, Schulte T, Kugel O, et al. 2001. Age related signal decrease in functional magnetic resonance imaging during motor stimulation in humans. *Neurosci Lett* 2001; 308:141-4.
- 5- Biswal BB, Kannurpatti SS, Rypma B. 2007. Hemodynamic scaling of fMRI-BOLD signal: validation of low-frequency spectral amplitude as a scalability factor. *Magne Resono Imag* 2007; 25: 1358-69.
- 6- Pauling, L, Coryell C D. The Magnetic properties and structure of hemoglobin, oxyhemoglobin and carbonmonoxyhemoglobin. *Proc Natl Acad Sci. USA* 1936; 22: 210-6.
- 7- Heeger D J, Ress D. What does fMRI tell us about neuronal activity? *Nature Rev Neurosci* 2002; 3: 142-51.
- 8- Ogawa S, Lee TM, Kay AR, Tank DW. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proc Natl Acad Sci USA* 1990; 87: 9868-72.
- 9- Henig J, Speck O, Koch MA, Weiller C. Functional magnetic resonance imaging: A review of methodological and clinical applications. *J Mag Resona Imag* 2003;18: 1-15
- 10- Aguirre GK, D'Esposito M. Experimental design for brain fMRI". In Moonen, C. T. W. and Bandettini, P. A. (eds.). *Functional MRI*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin 2000: 369-80.
- 11- Delazer M, Benke T, Trieb T, Schocke M, Ischebeck A. Isolated numerical skills in posterior cortical atrophy—An fMRI study. *Neuropsychologia* 2006; 44: 1909-13.
- 12- Smith S.M. Preparing fMRI data for statistical analysis. In: Jezzard P, Matthews PM and Smith SM (eds). *Functional MRI: an introduction to methods*. New York: Oxford University Press Inc 2001: 229- 41.
- 13-Veltman D, Hutton C. SPM99 manual. Retrieved February 2001;27,2003, from <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/manual/manual.pdf>
- 14-Brammer M J. Head motion and its correction. In: Jezzard P, Matthews P M and Smith S M (eds). *Functional MRI: an introduction to methods*. New York: Oxford University Press Inc 2001: 243-50.
- 15-Ashburner J, Friston KJ. Spatial transformation of images. <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/notes97/Ch2.pdf>
- 16-Ashburner J, Friston KJ. Image registration. In: Moonen CTW and Bandettini PA (eds), *Functional MRI*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin 2000: 285-99..
- 17-Frackowiak RSJ, Friston KJ, Frith C D, Dolan RJ, Mazziotta JC. *Human brain function*. San Diego: Academic Press. 1997.
- 18-Jenkinson M. Registration, atlases and cortical flattening. In: Jezzard P, Matthews P M and Smith S M (eds). *Functional MRI: ).* New York: Oxford University Press Inc. 2001: 271-93.
- 19- Hutchinson S, Kobayashi M, Horkan CM, Pascual-Leone A, Alexander MP et al. Age-related differences in movement representation. *Neuro Image* 2002; 17:1720-8.
- 20-Ogawa S, Lee TM, Kay AR, Tank DW. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proc Natl Acad Sci USA* 1990; 87: 9868-72.
- 21-Cohen MS, Eisskoff RM. Ultra-fast imaging . *Magn.Reson.Image* 1991; :9: 1-37.