

«به نام حق»



دانشکده مهندسی برق

ترم پاییز ۴۰۲۲

درس : سیستمهای تصویربرداری کارکردی مغز

استاد: دکتر علی خادم

تهیه کننده : رامین توکلی

شماره دانشجویی : ۹۹۲۵۰۶۳

تمرین سری اول

موضوع: -

موعد تحویل: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹



فهرست

- سوال (۱) در خصوص ثبت یک دیتای EEG: ۳
- سوال (۲) در خصوص پتانسیل‌های وابسته به رویداد: ۹
- سوال (۳) PCA و ICA دو نمونه از ابزارهای حذف آرتیفکت می باشند: ۱۶
- سوال (۴) نحوه عملکرد SQUID در سنسورهای MEG: ۲۰



سوال (۱) در خصوص ثبت یک دیتای EEG:

الف) وظیفه هر یک از الکترودهای Ground و Reference را شرح دهید.

تقریباً در تمام فرایندهای ثبت الکتروانسفالوگرافی (EEG)، دو الکتروود کمی علاوه بر الکترودهایی که برای ثبت پتانسیل الکتریکی استفاده می‌شوند وجود دارد: الکتروود زمین^۱ و الکتروود مرجع^۲.

در ثبت یک دیتای EEG هر دو الکتروود زمین و مرجع چند وظیفه مهم دارند:

الکتروود زمین یک نقطه مرجع مشترک برای تمام الکترودهای دیگر ایجاد می‌کند. معمولاً به محلی از بدن که از نظر الکتریکی خنثی است مانند لاله گوش یا پوست سر متصل می‌شود. الکتروود زمین با ارائه یک مرجع پایدار که فعالیت الکتریکی اندازه‌گیری شده توسط الکترودهای دیگر را می‌توان با آن مقایسه کرد، به تثبیت ضبط EEG کمک می‌کند. در واقع الکتروود زمین برای رد حالت مشترک^۳ استفاده می‌شود. این به حداقل رساندن نویز از منابع خارجی یا جلوگیری از تداخل نویز خط برق کمک می‌کند و تضمین می‌کند که سیگنال‌های ثبت شده EEG نمایش دقیقی از فعالیت مغز باشند.

برای ثبت سیگنال‌های خوب و تمیز EEG در محدوده میکروولت باید تا حد امکان نویز را حذف کنید. از آنجایی که ولتاژها به عنوان اختلاف پتانسیل ثبت می‌شوند، برای دیدن هر ولتاژی به حداقل دو الکتروود نیاز دارید. یک سنسور مرجع و یک سنسور سیگنال. اما برای بدست آوردن این داده‌ها نیازی به زمین ندارید! شما می‌توانید به سادگی EEG را تنها با یک سیگنال و یک مرجع ثبت کنید، اما بسیار نویز خواهد داشت. در ضبط EEG با یک سیگنال، مرجع و زمین، دو تفریق بصورت زیر انجام می‌دهید:

$$۱. (REF + noise) - (GND + noise) = REF - GND$$

$$۲. SIGNAL - REF$$

تفريق شماره یک سیگنال حالت مشترک را حذف می‌کند. بدن انسان مانند یک آنتن است و می‌تواند نویز محیط را دریافت کند. این مقدار از سیگنال مرجع کم می‌شود تا یک مرجع پایه تمیز ارائه شود. تفريق شماره دو سیگنال پتانسیل زیستی ما یا همان سیگنالی که از الکترودهای اصلی دریافت می‌شود را در برابر این سیگنال مرجع پایه تمیز ارائه می‌دهد.

¹ Ground

² Reference

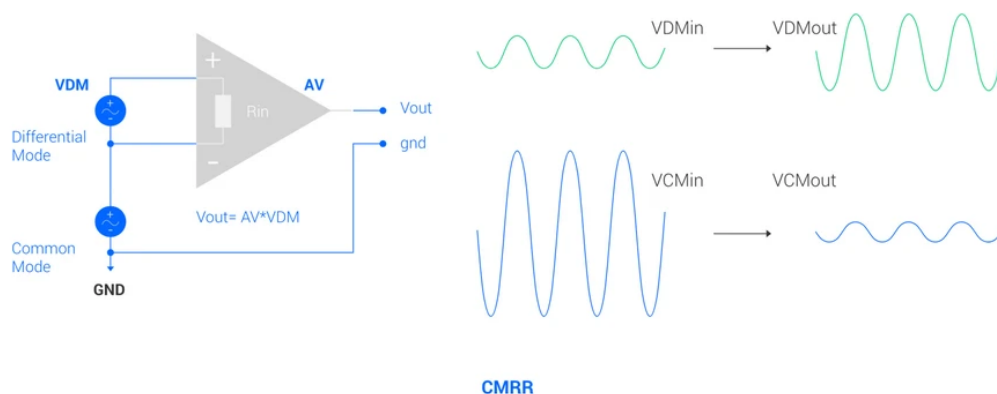
³ common mode rejection ratio (CMRR)



اگر فقط $SIGNAL - GND$ را ثبت کنید، اختلاف پتانسیلی خواهید داشت که علاوه بر سیگنال عصبی مورد نظر شامل نویز محدوده میکروولت - ولت نیز می شود. این بدان معناست که نسبت سیگنال به نویز^۱ بسیار کم خواهد بود. الکتروود مرجع یک مرجع الکتریکی پایدار را فراهم می کند که سیگنال های EEG از الکتروودهای دیگر با آن اندازه گیری می شود. برخلاف الکتروود زمین که یک مرجع مشترک برای همه الکتروودها ایجاد می کند، الکتروود مرجع برای هر الکتروود ضبط کننده خاص است. الکتروود مرجع، سیگنال های EEG را می توان نسبت به یک خط پایه پایدار ثبت کرد و دقت و قابلیت اطمینان داده های ثبت شده را افزایش داد.

نسبت رد حالت مشترک^۲:

این نسبت، توانایی تقویت کننده تفاضلی^۳ برای حذف یا تضعیف ولتاژ حالت مشترک^۴ (یعنی ولتاژی که برای ورودی های مثبت و منفی تقویت کننده ثابت است)، در حالی که ولتاژ حالت دیفرانسیل^۵ را تقویت می کند (به عنوان مثال، اختلاف ولتاژ بین ورودی های مثبت و منفی) (شکل ۱). به عنوان مثال، با تقویت کننده EEG، CMRR به توانایی تقویت سیگنال الکتروانسفالوگرام (که به عنوان اختلاف ولتاژ بین الکتروود n ام و الکتروود مرجع اندازه گیری می شود اشاره دارد، در حالی که مصنوعات مانند نویز ۶۰/۵۰ هرتز CMRR را کاهش می دهد



شکل ۱-۱ نمونه ای ساده شده از عملکرد ثبت EEG

¹ Signal to Noise Ratio(SNR)

² Common Mode Rejection Ratio (CMRR)

³ differential amplifier

⁴ common-mode voltage (VCM)

⁵ differential mode voltage (VDM)



هرچه CMRR بالاتر باشد، عملکرد تقویت کننده بهتر است، زیرا می تواند سیگنال های حالت مشترک (آنهايي که ناخواسته) را با یک فاکتور بالاتر کاهش دهد.

ب) یک رفرنس ایده آل برای ثبت EEG چه ویژگی هایی باید داشته باشید؟

یک مرجع ایده آل برای ثبت EEG باید دارای چندین ویژگی باشد تا اندازه گیری دقیق و قابل اعتماد فعالیت مغز را تضمین کند. این ویژگی ها عبارتند از:

- پایداری: الکتروود مرجع باید پتانسیل الکتریکی پایدار و ثابتی را در طول زمان ثبت سیگنال حفظ کند. هر گونه نوسان در پتانسیل الکتروود مرجع می تواند منجر به تفسیر اشتباه سیگنال های EEG شود.
- امپدانس کم: الکتروود مرجع باید دارای امپدانس کم باشد تا نویز و تداخل در سیگنال های EEG را به حداقل برساند. امپدانس بالا می تواند منجر به اعوجاج سیگنال و نسبت سیگنال به نویز ضعیف شود.
- زیست سازگاری^۱: ماده الکتروود مرجع باید زیست سازگار باشد تا از هر گونه واکنش نامطلوب یا ناراحتی در تماس با پوست سر یا پوست جلوگیری کند. معمولاً از مواد غیر تحریک کننده مانند طلا، نقره / کلرید نقره یا قلع استفاده می شود.
- غیر قابل پلاریزه شدن^۲: در حالت ایده آل، الکتروود مرجع باید غیرقابل پلاریزه شدن باشد تا از آرتیفکت های پلاریزاسیون که می توانند سیگنال های EEG را تحریف کنند، جلوگیری شود. معمولاً موادی مانند نقره/کلرید نقره به دلیل خاصیت غیرقطبی شدنشان استفاده می شود.
- موقعیت مکانی^۳: الکتروود مرجع باید در مکانی قرار گیرد که آلودگی ناشی از فعالیت عضلانی و سایر منابع غیر مغزی فعالیت الکتریکی را به حداقل برساند. مکان های مرجع رایج شامل فرآیندهای ماستوئید^۴، لاله های گوش یا مرجع متوسط (میانگین ریاضی همه سیگنال های الکتروود) است.
- دسترسی: الکتروود مرجع باید به راحتی برای قرار دادن و برداشتن بدون ایجاد ناراحتی یا اختلال در تنظیم ضبط EEG قابل دسترسی باشد.

¹ Biocompatibility

² Non-polarizable

³ Spatial Location

⁴ mastoid



- سازگاری: الکتروود مرجع باید با تجهیزات ضبط EEG و الکتروودهای مورد استفاده در راه اندازی سازگار باشد تا از عملکرد مناسب و اندازه گیری های دقیق اطمینان حاصل شود.

با رعایت این ویژگی‌ها، یک الکتروود مرجع ایده آل می تواند به اطمینان از ثبت دقیق و قابل اعتماد EEG، تسهیل تفسیر فعالیت مغز و امکان تجزیه و تحلیل معنی دار داده‌های EEG کمک کند.

ج) منظور از الکتروود خشک و تر چیست؟ یک مورد از عیب الکتروود خشک نسبت به تر و یک مورد از برتری آن را ذکر کنید.

الکتروودهای خشک: الکتروودهای خشک برای برقراری تماس با پوست سر نیازی به الکتروولیت یا ژل رسانای اضافی ندارند. آنها اغلب از مواد یا طرح هایی استفاده می کنند که رسانایی را افزایش می دهند، مانند پوشش های تخصصی یا بافت های سطح. الکتروودهای خشک راحت هستند زیرا نیاز به ژل های نامرتب را از بین می برند و به راحتی اعمال می شوند. با این حال، آنها معمولاً امپدانس بالاتری در مقایسه با الکتروودهای مرطوب دارند که می تواند منجر به کیفیت سیگنال پایین تر و افزایش حساسیت به نویز شود.

الکتروودهای مرطوب: الکتروودهای مرطوب نیاز به استفاده از ژل رسانا یا محلول نمکی برای بهبود رسانایی و کاهش امپدانس در پیوند یا رابط الکتروود-پوست دارند. ژل رسانا به ایجاد مسیری با مقاومت کم برای سیگنال های الکتریکی بین الکتروود و پوست سر کمک می کند و در نتیجه کیفیت سیگنال بهتر و نویز کاهش می یابد. یکی از معایب الکتروودهای خشک امپدانس بالاتر آنهاست که می تواند منجر به کاهش کیفیت سیگنال و افزایش حساسیت به نویز شود. امپدانس بالاتر می تواند منجر به کاهش نسبت سیگنال به نویز شود و تشخیص و تجزیه و تحلیل دقیق الگوهای فعالیت ظریف مغز را چالش برانگیزتر می کند.

همچنین یکی از مزایای الکتروودهای خشک راحتی و سهولت استفاده از آنها است. الکتروودهای خشک نیاز به ژل های رسانای نامرتب را از بین می برند، و آنها را برای کاربردهایی که کاربرد سریع و بدون دردسر الکتروود مورد نظر هستند، مانند دستگاه های EEG قابل حمل یا سیستم های EEG پوشیدنی مصرف کننده، مناسب تر و کاربر پسندتر می سازد.



به طور خلاصه، در حالی که الکترودهای خشک راحتی و سهولت استفاده را ارائه می دهند، ممکن است از امیدانس بالاتر و کیفیت سیگنال پایین تر در مقایسه با الکترودهای مرطوب رنج ببرند. با این حال، پیشرفت های مداوم در فناوری الکترودهای خشک با هدف بهبود عملکرد آنها و رقابتی تر کردن آنها با الکترودهای مرطوب از نظر کیفیت سیگنال، انجام می شود.

(د) سه روش و یا الگوریتم مقابله با نویز برق شهر به غیر از فیلتر در حوزه فرکانس را معرفی کنید و توضیح دهید.

مقابله با نویز برق شهری در سیگنال های EEG برای به دست آوردن داده های دقیق و قابل اعتماد بسیار مهم است. علاوه بر فیلتر حوزه فرکانس، چندین روش و الگوریتم می تواند به کاهش این نوع نویز کمک کند. در اینجا سه روش از این قبیل وجود دارد:

تجزیه و تحلیل اجزای مستقل^۱:

این روش یک تکنیک پردازش سیگنال است که برای جداسازی سیگنال چند متغیره به اجزای مستقل و افزودنی استفاده می شود. این به ویژه برای جداسازی سیگنال های EEG از منابع نویز، از جمله نویز برق شهری مفید است. این روش با شناسایی اجزای آماری مستقل در سیگنال مختلط کار می کند. با اعمال ICA بر روی داده های EEG، می توان اجزای نویز، مانند موارد مربوط به تداخل برق شهری، را از سیگنال های فعالیت مغز شناسایی و جدا کرد.

بازسازی زیرفضای مصنوع^۲:

یک روش مبتنی بر داده برای حذف آرتیفکت از سیگنال های EEG، از جمله موارد ناشی از نویز برق شهری است. با شناسایی بخش هایی از سیگنال EEG آلوده به آرتیفکت، از جمله نویز برق شهری، و بازسازی این بخش ها با استفاده از رویکرد زیرفضا کار می کند. از تجزیه و تحلیل اجزای اصلی^۳ برای شناسایی زیرفضای مصنوع استفاده می کند و بخش های آلوده را با داده های بازسازی شده جایگزین می کند.

¹ Independent Component Analysis (ICA)

² Artifact Subspace Reconstruction (ASR)

³ principal component analysis (PCA)



تطبیق و حذف الگو^۱:

تطبیق الگو شامل ایجاد الگویی است که ویژگی‌های نویز برق شهری را بر اساس بخش‌های نمونه از داده‌های EEG حاوی نویز نشان می‌دهد. پس از ایجاد الگو، می‌توان از آن برای شناسایی و حذف الگوهای نویز مشابه از کل مجموعه داده EEG استفاده کرد. تکنیک‌های تطبیق الگو ممکن است از معیارهای شباهت مختلفی مانند همبستگی متقابل یا فاصله اقلیدسی برای شناسایی نمونه‌هایی از نویز برق شهری در سیگنال‌های EEG استفاده کنند. پس از شناسایی بخش‌های نویز، می‌توان آن‌ها را حذف کرد یا با مقادیر درون‌یابی جایگزین کرد تا تأثیر آن‌ها بر تحلیل‌های بعدی به حداقل برسد.

ه) یک مزیت ثبت EEG رزولوشن زمانی بالای آن است، توضیح دهید که این توانایی در بررسی عملکرد مغز چه مزیتی را برای محققین فراهم می‌کند.

وضوح بالای ضبط EEG چندین مزیت را برای محققان در بررسی عملکرد مغز ارائه می‌دهد: پویایی زمانی فعالیت مغز^۲: EEG اندازه‌گیری‌های زمان واقعی یا تقریباً واقعی فعالیت مغز را با دقت در سطح میلی ثانیه ارائه می‌دهد. این محققان را قادر می‌سازد تا پویایی زمانی فرآیندهای عصبی مانند زمان‌بندی رویدادهای عصبی، توالی فعال‌سازی مغز و پویایی فرآیندهای شناختی را بررسی کنند. به عنوان مثال، محققان می‌توانند زمان دقیق پاسخ‌های عصبی به محرک‌های حسی یا وظایف شناختی را مطالعه کنند، و توالی سریع رویدادهای عصبی را که در فرآیندهای مختلف ذهنی نهفته‌اند، آشکار کنند.

پتانسیل‌های مرتبط با رویداد^۳: پتانسیل مرتبط با رویداد (ERP) پاسخ اندازه‌گیری شده مغز است که نتیجه مستقیم یک رویداد حسی، شناختی یا حرکتی خاص است. به طور رسمی‌تر، هر گونه پاسخ کلیشه‌ای الکتروفیزیولوژیکی به یک محرک است. مطالعه مغز به این روش ابزاری غیرتهاجمی برای ارزیابی عملکرد مغز فراهم می‌کند.

EEG به محققان اجازه می‌دهد تا پتانسیل‌های مرتبط با رویداد را که پاسخ‌های عصبی قفل شده با زمان هستند که توسط رویدادها یا محرک‌های خاص برانگیخته می‌شوند، ثبت کنند. وضوح بالای EEG برای تشخیص تغییرات ظریف در شکل موج ERP که در چند میلی ثانیه پس از شروع محرک رخ می‌دهد، بسیار مهم است و بینش‌هایی را در مورد زمان‌بندی و مکانیسم‌های عصبی پردازش شناختی ارائه می‌دهد.

¹ Template Matching and Removal

² Temporal Dynamics of Brain Activity

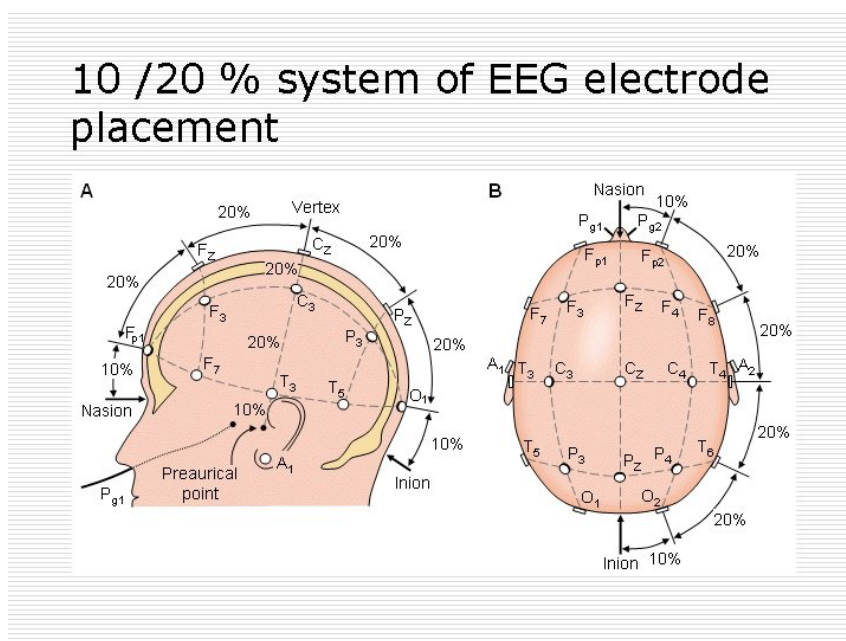
³ Event-Related Potentials (ERPs)



سوال (۲) در خصوص پتانسیلهای وابسته به رویداد:

الف) برای ثبت دیتای EEG و بدست آوردن ERP به جز الکترودهای مرجع و زمین، حداقل به چند الکتروود نیاز است؟

برای ثبت داده های EEG و به دست آوردن پتانسیل های مرتبط با رویداد، معمولاً به چیزی بیش از الکترودهای مرجع و زمین نیاز دارید تا توزیع فضایی فعالیت مغز را ثبت کنید. در حالی که تعداد دقیق الکترودهای مورد استفاده می تواند بسته به تنظیمات آزمایشی و اهداف تحقیقاتی متفاوت باشد، یک پیکربندی معمول استفاده از حداقل ۳۲ الکتروود است. این تنظیمات به عنوان یک سیستم EEG سی و دو کاناله شناخته می شود. ۳۲ الکتروود معمولاً بر اساس سیستم های استاندارد بین المللی قرار دادن الکتروود مانند سیستم ۱۰-۲۰ که در تصویر ۱-۲ هم نحوه قرار گیری الکتروود ها مشخص است یا سیستم ۱۰-۱۰ در سراسر پوست سر توزیع می شوند. این سیستم ها دستورالعمل هایی را برای قرار دادن الکتروود بر اساس نشانه های آناتومیکی خاص روی پوست سر ارائه می دهند.



شکل ۱-۲ نمونه ای از سیستم ۱۰/۲۰ الکتروانسفلوگرافی



ب) حداقل تعداد تریال لازم برای بدست آوردن ERP بر اساس چه عواملی تعیین میشود؟ (۲ مورد)

حداقل تعداد آزمایش های لازم برای به دست آوردن پتانسیل های مرتبط با رویداد^۱ توسط عوامل متعددی از جمله ملاحظات آماری و ویژگی های خاص شکل موج ERP تعیین می شود:

نسبت سیگنال به نویز^۲:

نسبت سیگنال به نویز شکل موج ERP نقش مهمی در تعیین حداقل تعداد آزمایش های مورد نیاز دارد. SNR بالاتر نشان می دهد که سیگنال ERP از نویز پس زمینه متمایزتر است و تشخیص آن را با آزمایش های کمتر آسان تر می کند.

در مواردی که SNR بالا است، مانند ERP های قوی و آسان، محققان ممکن است برای به دست آوردن شکل موج ERP قابل اعتماد به آزمایشات کمتری نیاز داشته باشند. به عنوان مثال، محققان ممکن است با حداقل ۲۰ الی ۳۰ آزمایش برای ERP های تعریف شده، به SNR کافی دست یابند.

با این حال، اگر SNR پایین باشد، محققان ممکن است به تعداد بیشتری آزمایش برای تشخیص سیگنال ERP از نویز نیاز داشته باشند. در چنین مواردی، محققین ممکن است ۵۰ تا ۱۰۰ آزمایش یا بیشتر را برای دستیابی به اندازه گیری های قابل اعتماد ERP هدف قرار دهند.

قدرت آماری^۳:

قدرت آماری احتمال یافتن صحیح یک نتیجه یا تفاوت واقعی در یک مطالعه است. قدرت بالا به معنای شانس بیشتر برای تشخیص نتایج واقعی است، در حالی که قدرت کم خطر از دست دادن یافته های واقعی را افزایش می دهد. حداقل تعداد آزمایش های مورد نیاز نیز تحت تأثیر قدرت آماری مورد نظر تجزیه و تحلیل ERP است. قدرت آماری به احتمال تشخیص یک نتیجه یا هدف واقعی (به عنوان مثال، تفاوت ERP بین شرایط) در زمانی که وجود دارد اشاره دارد.

¹ Event-Related Potential (ERP)

² SNR

³ Statistical power



معمولاً تعداد بیشتری آزمایش برای دستیابی به قدرت آماری بالاتر، به ویژه برای تشخیص اثرات ERP کوچکتر یا انجام تجزیه و تحلیل های پیچیده مورد نیاز است.

(ج) منظور از مولفه های ابتدایی و یا زود هنگام در ERP چیست، منشا آن را ذکر کنید و معمولاً در چه بازه زمانی پس از تحریک ایجاد میشوند؟ (امتیازی)

مولفه های ابتدایی در پتانسیل های مرتبط با رویداد (ERPs) اولین پاسخ های مغز به یک محرک هستند که در عرض میلی ثانیه پس از ارائه محرک رخ می دهند. این مولفه های اولیه شامل P1، N1 و P2 هستند. این مولفه ها نشان دهنده پردازش های حسی ابتدایی مانند تشخیص محرک های دیداری، شنیداری یا لامسه هستند. آنها به محققان کمک می کنند بفهمند مغز چگونه در ابتدا به اطلاعات حسی دریافتی پاسخ می دهد.

پس در واقع مولفه های ابتدایی در پتانسیل های مرتبط با رویداد (ERP) به اولین انحرافات یا پیک های مشاهده شده در شکل موج EEG پس از ارائه یک محرک اشاره دارد. این اجزا معمولاً در چند صد میلی ثانیه اول پس از شروع محرک رخ می دهند و با پردازش حسی و ادراکی اولیه محرک مرتبط هستند.

P1: مقداری مثبت دارد و حدود ۵۰-۱۰۰ میلی ثانیه پس از شروع محرک رخ می دهد. این در درجه اول در قشر بینایی تولید می شود و پردازش بصری اولیه، از جمله تشخیص و رمزگذاری اولیه محرک های بینایی را منعکس می کند.

N1: مقداری منفی دارد و حدود ۱۰۰-۲۰۰ میلی ثانیه پس از شروع محرک رخ می دهد. تصور می شود که از قشرهای حسی مختلف (مانند شنوایی، حسی، بصری) سرچشمه می گیرد و با تشخیص و تمایز محرک های حسی مرتبط است.

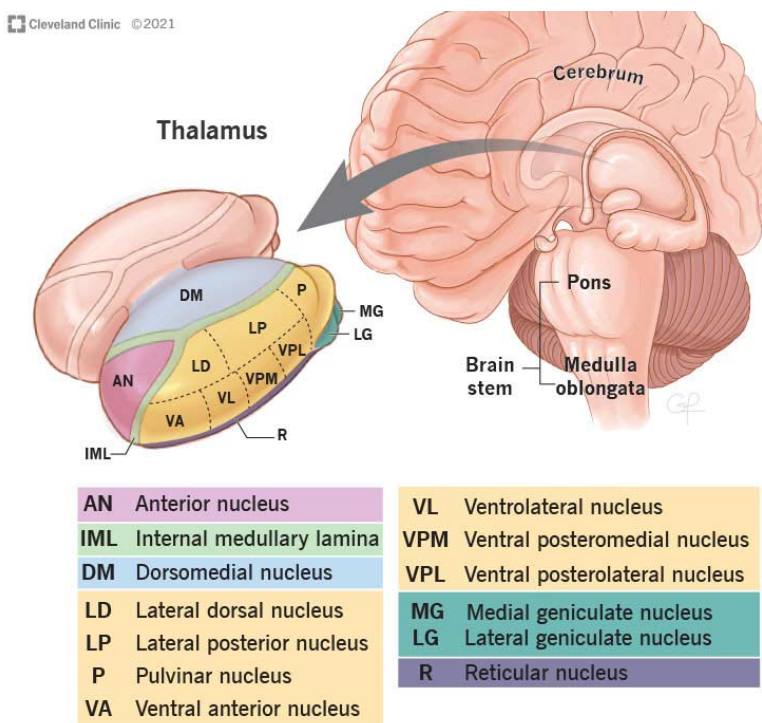
P2: مقداری مثبت دارد و حدود ۱۵۰-۲۵۰ میلی ثانیه پس از شروع محرک رخ می دهد. اعتقاد بر این است که پردازش حسی درجه بالاتر را منعکس می کند و ممکن است در تعدیل توجه ورودی های حسی نقش داشته باشد.



د) فعالیت تالامیک^۱ چیست و در چه بازه زمانی ای شکل میگیرد؟ (امتیازی)

تالاموس چیست؟

تالاموس یا نهنج شما یک ساختار تخم مرغی شکل همانند تصویر ۲-۲ در وسط مغز شما است. به عنوان ایستگاه تقویت و پردازش تمام اطلاعات موتور (حرکت) و حسی - شنوایی، چشایی، بینایی و لامسه (اما نه بویایی) - از بدن شما به مغز شما شناخته می شود. مانند یک رله یا ایستگاه قطار، تمام اطلاعات باید ابتدا از تالاموس شما عبور کند و سپس برای پردازش و تفسیر بیشتر به سمت مقصد در قشر مغز (خارجی ترین لایه مغز شما) هدایت شود یا به مقصد هدایت شود.



شکل ۲-۲ تالاموس و اجزای مختلف آن محل قرار گیری آن

فعالیت تالاموس به فعالیت عصبی در تالاموس، یک مرکز مهم تقویت در مغز که اطلاعات حسی را پردازش می کند اشاره دارد. این فعالیت در انتقال سیگنال های حسی از اندام های حسی محیطی (مانند چشم ها، گوش ها و پوست) به قشر مغز، جایی که پردازش درجه بالاتری رخ می دهد، نقش دارد.

¹ Thalamic activity



فعالیت تالاموس پس از دریافت محرک های حسی به سرعت شکل می گیرد. این نقش اساسی در تعدیل جریان اطلاعات حسی به قشر مغز ایفا می کند و به مراحل اولیه پردازش و ادراک حسی کمک می کند. این فعالیت برای شکل دادن به چگونگی درک و تفسیر ورودی های حسی توسط مغز بسیار مهم است.

فعالیت تالاموس که به تشکیل مولفه های اولیه ERP مانند P1، N1 و P2 کمک می کند، معمولاً در ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی ثانیه اول پس از ارائه یک محرک حسی رخ می دهد. این اجزای اولیه ERP منعکس کننده پردازش اولیه اطلاعات حسی، از جمله تشخیص، تمایز، و رمزگذاری ادراکی اولیه هستند و تحت تأثیر فعالیت تالاموس قرار دارند. بنابراین، فعالیت تالاموس در شکل دهی زمان بندی و ویژگی های این اجزای اولیه ERP، که در چند صد میلی ثانیه اول پس از شروع محرک مشهود است، نقش دارد.

ه) فعالیت کورتیکال^۱ در چه بازه زمانی پس از تحریک ایجاد میشوند؟

فعالیت های قشری (کورتیکال) چیست؟

فعالیت قشر مغز به فرآیندهای الکتریکی و بیوشیمیایی اطلاق می شود که در قشر مغز^۲ رخ می دهد، و لایه بیرونی مغز مسئول عملکردهای شناختی درجه بالاتر است. قشر مغز نقش اصلی را در ادراک حسی، کنترل حرکتی، پردازش زبان، شکل گیری حافظه و سایر فرآیندهای شناختی دیگر ایفا می کند.

فعالیت قشر مغز شامل شلیک^۳ نورون ها و ارتباط بین نواحی مختلف قشر از طریق شبکه های پیچیده نورون های به هم پیوسته است. این فعالیت را می توان با استفاده از تکنیک هایی مانند الکتروانسفالوگرافی، مگنتوآنسفالوگرافی، تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی^۴ و ثبت داخل جمجمه اندازه گیری کرد.

پس از شروع فعالیت های قشر مغز، آنها به تکامل و تعامل در طول زمان ادامه می دهند و به مراحل مختلف پردازش حسی و شناختی کمک می کنند. دوره زمانی پس از شروع فعالیت های قشر مغز می تواند بسته به فرآیندهای شناختی خاص درگیر، پیچیدگی کار یا محرک و تفاوت های فردی در پردازش عصبی متفاوت باشد. با این حال، فعالیت های قشر مغز می توانند برای صدها میلی ثانیه تا ثانیه یا حتی بیشتر، بسته به نیازهای شناختی مداوم و مدت زمان محرک یا کار در حال پردازش، ادامه داشته باشند.

در طول این دوره پس از محرک، فعالیت های قشر مغز دستخوش تغییرات پویا می شوند، از جمله انتشار سیگنال های عصبی در نواحی مختلف قشری، ادغام اطلاعات حسی، درگیر شدن فرآیندهای شناختی مرتبه بالاتر مانند توجه، حافظه، و تصمیم گیری، و تولید پاسخ های حرکتی یا خروجی های رفتاری. این دوره از فعالیت قشر

¹ Cortical

² Cerebral Cortex

³ Fire

⁴ fMRI

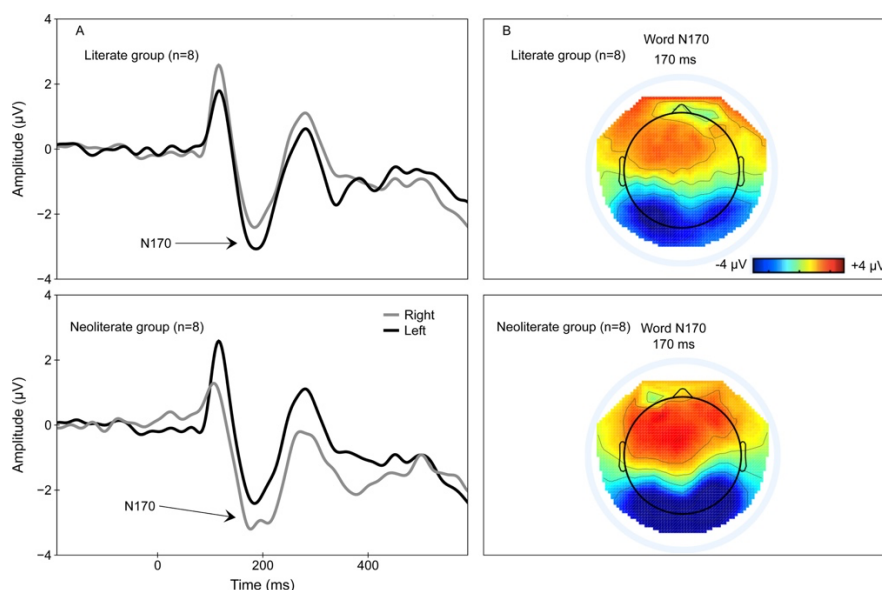


مغز شامل طیف وسیعی از عملیات شناختی، از پردازش حسی اولیه تا عملکردهای شناختی سطح بالاتر است، و نقش مهمی در شکل دادن به ادراک، شناخت و رفتار ما دارد.

و) سه مورد از مولفه‌های موجود در شکل موج ERP مرتبط با فعالیت شناختی مغز را به دلخواه ذکر کرده و دلیل نامگذاری هر کدام را ذکر کنید.

در اینجا سه مؤلفه در شکل موج ERP مربوط به فعالیت شناختی مغز و دلایل نامگذاری آنها آورده شده است:

N170: یک ولتاژ منفی است که حدود ۱۷۰ میلی ثانیه پس از ارائه محرک‌های بینایی، به ویژه چهره‌ها رخ می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در تصویر ۲-۳ ناحیه پس سری رنگ آبی دارد که نشان دهنده رخ داد این مولفه است. اغلب با رمزگذاری ساختاری و پردازش اولیه ویژگی‌های صورت همراه است. "N" نشان دهنده ولتاژ منفی است و "۱۷۰" به تاخیر تقریبی مولفه اشاره دارد.

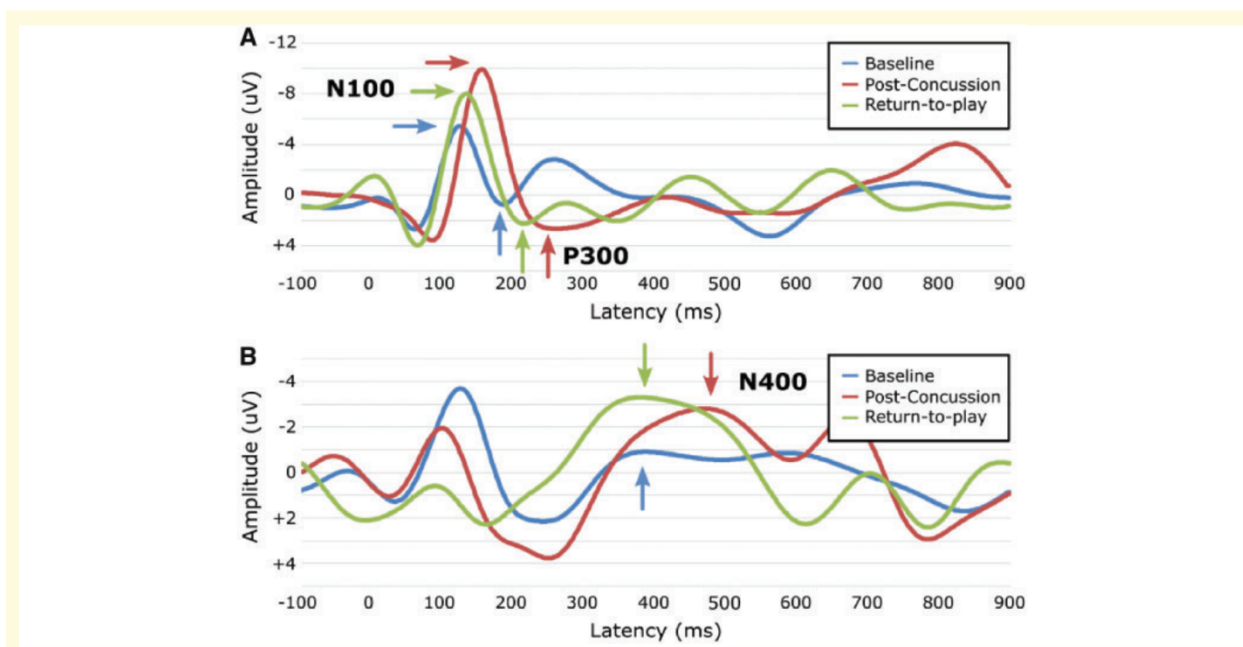


شکل ۲-۳ بررسی یک شکل موج ERP و مولفه N170

P300: یک ولتاژ مثبت است که حدود ۳۰۰ میلی ثانیه پس از ارائه محرک‌های نادر یا غیرمنتظره در یک الگوی عجیب و غریب رخ می‌دهد. با فرآیندهای شناختی مختلفی از جمله تخصیص توجه، به روز رسانی زمینه و تصمیم‌گیری مرتبط است. "P" یک ولتاژ مثبت را نشان می‌دهد و ۳۰۰ به تاخیر معمول مولفه اشاره دارد.



N400: یک ولتاژ منفی است که حدود ۴۰۰ میلی ثانیه پس از ارائه محرک‌های معنی‌دار یا ناسازگار معنایی مانند کلمات یا جملات رخ می‌دهد. با پردازش معنای معنایی و ادغام اطلاعات ورودی با دانش ذخیره شده مرتبط است "N". نشان دهنده قطبیت منفی است و "۴۰۰" به تأخیر معمولی مولفه اشاره دارد. نمونه مثالی از وجود تمامی مولفه‌ها را در تصویر ۲-۴ مشاهده می‌کنیم که در سه نمودار با رنگ‌های مختلف در نقطه شروع، پس از ضربه مغزی و زمان بازگشت به بازی وجود دارد.



شکل ۲-۴ شکل موج ERP و مولفه‌های مختلف در علائم حیاتی مغز پس از ضربه مغزی

این مولفه‌ها بر اساس قطبیت (مثبت یا منفی) و تأخیر تقریبی آنها (بر حسب میلی ثانیه) نسبت به شروع محرک نامگذاری می‌شوند. آنها به طور گسترده در علوم اعصاب شناختی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و به طور گسترده به عنوان نشانگر فرآیندهای شناختی خاص و عملکردهای مغز استفاده می‌شوند.



ز) یک مثال از کاربرد بالینی^۱ ERP را مثال زده و مختصراً توضیح دهید.

مثال دیگری از کاربرد بالینی پتانسیل های مرتبط با رویداد در ارزیابی اختلال نقص توجه/بیش فعالی^۲ یا همان ADHD است.

در افراد مبتلا به ADHD، ممکن است مشکلاتی در حفظ توجه، مهار رفتارهای تکانشی و تنظیم فرآیندهای شناختی وجود داشته باشد. ERP ها، به ویژه تغییرات منفی احتمالی^۳ و مولفه P300، می توانند بینش های ارزشمندی را در مورد مکانیسم های عصبی زیربنای این اختلالات توجه و بیش فعالی ارائه دهند. با تجزیه و تحلیل ERP، پزشکان می توانند به طور عینی عملکردهای توجه و شناختی در افراد مبتلا به ADHD را ارزیابی کنند و به تشخیص و برنامه ریزی درمان کمک کنند. ERP ها اطلاعات ارزشمندی در مورد مکانیسم های عصبی اساسی ADHD ارائه می دهند و می توانند ارزیابی های رفتاری را برای هدایت مداخلاتی با هدف بهبود توجه، عملکرد اجرایی و عملکرد شناختی کلی در افراد مبتلا تکمیل کنند.

سوال ۳) PCA^۴ و ICA^۵ دو نمونه از ابزارهای حذف آرتیفکت می باشند:

الف) تفاوت این دو روش را با یک دیگر شرح دهید.

دو روش PCA و ICA چیست؟

PCA (تحلیل مولفه اصلی) و ICA (تحلیل مولفه مستقل) هر دو تکنیک هایی هستند که برای حذف مصنوعات^۶ در پردازش داده های EEG استفاده می شوند.

¹ Clinical application

² Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)

³ Contingent Negative Variation (CNV)

⁴ Principal Component Analysis

⁵ Independent Component Analysis

⁶ Artifact



PCA یک تکنیک تبدیل خطی است که برای کاهش ابعاد داده ها و در عین حال حفظ بیشتر تنوع موجود در مجموعه داده اصلی استفاده می شود.

مصنوعات موجود در داده های EEG، مانند پلک زدن چشم، فعالیت ماهیچه ای، و نویز الکتریکی، اغلب الگوهای زمانی یا مکانی مشخصی را نشان می دهند که می توانند توسط مولفه های اصلی خاصی ثبت شوند. با شناسایی و حذف مولفه های مرتبط با مصنوعات، PCA می تواند به طور موثر داده های EEG را حذف نویز کند، نسبت سیگنال به نویز را افزایش داده و فعالیت عصبی اساسی را حفظ کند. هدف PCA یافتن مجموعه جدیدی از متغیرهای نامرتب (مولفه های اصلی) است که ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی هستند که بر اساس میزان واریانس که توضیح می دهند مرتب شده اند.

PCA فرض نمی کند که اجزا از نظر آماری مستقل هستند.

ICA یک تکنیک محاسباتی است که برای جداسازی یک سیگنال چند متغیره به اجزای آماری مستقل استفاده می شود. یک سیگنال چند متغیره به ثبت همزمان فعالیت الکتریکی از چندین الکترود روی پوست سر اشاره دارد. در پردازش داده های EEG، ICA را می توان برای تجزیه سیگنال EEG چند متغیره به اجزای مستقل، که هر یک منبع مشخصی از فعالیت عصبی یا غیر عصبی را نشان می دهد، اعمال کرد. مصنوعات در داده های EEG، مانند حرکات چشم، مصنوعات ماهیچه ای و تداخل الکتریکی، اغلب ویژگی های غیر گاوسی و مستقل از زمان را نشان می دهند.

هدف آن یافتن یک تبدیل خطی از داده های مشاهده شده است به طوری که اجزای حاصل از نظر آماری تا حد امکان مستقل باشند. برخلاف PCA که بر به حداکثر رساندن واریانس و متعامد تمرکز می کند، ICA بر حداکثر کردن استقلال آماری در بین اجزا تمرکز دارد.

ب) برای حذف آرتیفکت به کمک ICA به چه تعداد کانال EEG نیاز است؟

برای حذف موثر مصنوعات با استفاده از ICA در داده های EEG، به طور کلی، تعداد کافی کانال EEG برای ثبت تنوع فضایی فعالیت مغز مورد نیاز است. به طور معمول، این حداقل به تعداد کانال های EEG نیاز دارد که منابع مصنوع در داده ها وجود دارد. با این حال، قانون یا آستانه خاصی برای تعداد کانال های مورد نیاز وجود ندارد، زیرا بسته به عواملی مانند پیچیدگی مصنوع و وضوح فضایی مورد نظر می تواند متفاوت باشد.



در عمل، سیستم‌های EEG معمولاً بین ۳۲ تا ۲۵۶ کانال دارند که امکان پوشش جامع پوست سر را فراهم می‌کند و تنوع فضایی مورد نیاز برای حذف اثر مصنوعی با استفاده از ICA را فراهم می‌کند. داشتن کانال‌های بیشتر، اطلاعات فضایی موجود را افزایش می‌دهد، که می‌تواند دقت فرآیند جداسازی را با ارائه نمایش غنی‌تری از فعالیت‌ها و مصنوعات مغز بهبود بخشد.

در حالی که تعداد ثابتی از کانال‌های EEG برای حذف مصنوعات با استفاده از ICA لازم نیست، داشتن تعداد کافی کانال، معمولاً از ۳۲ تا ۲۵۶، برای ثبت تنوع فضایی فعالیت‌های مغز و مصنوعات مهم است، بنابراین این امکان را فراهم می‌کند. حذف موثر مصنوعات

(د) سه الگوریتم ICA را نام برده و دو موردش را به دلخواه توضیح دهید.

سه الگوریتم رایج ICA مورد استفاده در پردازش داده‌های EEG عبارتند از:

تجزیه و تحلیل اجزای مستقل سریع^۱:

FastICA یک الگوریتم محبوب برای انجام تجزیه و تحلیل اجزای مستقل (ICA) به طور موثر است. هدف آن یافتن اجزای مستقل با به حداکثر رساندن غیر گاوسی بودن در داده‌های مشاهده شده است. به طور مکرر ماتریس اختلاط را به روز می‌کند تا اجزای مستقلی را استخراج کند که تا حد امکان از نظر آماری مستقل هستند. از نظر محاسباتی کارآمد است و به طور گسترده برای حذف مصنوعات و جداسازی منبع در پردازش داده‌های EEG استفاده می‌شود.

Infomax ICA :

این الگوریتم دیگری است که معمولاً برای تجزیه و تحلیل اجزای مستقل استفاده می‌شود. این بر اساس برآورد حداکثر احتمال اجزای مستقل با حداکثر کردن اطلاعات متقابل است. فرض می‌کند که منابع غیر گاوسی و حداکثر مستقل هستند، با هدف جداسازی آنها از مشاهدات مختلط. این به ویژه برای جداسازی منابع مختلط فعالیت در داده‌های EEG، مانند سیگنال‌های مغزی و مصنوعات، با بهره‌برداری از استقلال آماری آنها مناسب است.

¹ FastICA (Fast Independent Component Analysis)



قطری کردن تقریبی مشترک ماتریس‌های ویژه^۱:
الگوریتمی است که هدف آن تقریب مشترک قطری شدن ماتریس‌های کوواریانس داده‌های مشاهده شده است.
به طور مکرر ماتریس اختلاط و ماتریس اختلاط زدایی را برای جداسازی منابع مختلط فعالیت تخمین می‌زند.

(ج) سه مورد از معیارهای تشخیص و حذف مؤلفه‌های ICA غیر مغزی را نام ببرید.

سه معیاری که معمولاً برای تشخیص و حذف اجزای آنالیز مؤلفه‌های مستقل غیر مغزی در داده‌های EEG استفاده می‌شوند عبارتند از:

۱. توزیع فضایی^۲: اجزای غیر مغزی اغلب الگوهای فضایی را نشان می‌دهند که با فعالیت معمول مغز سازگار نیست. معیارهایی مانند توپوگرافی پوست سر، نقشه‌های طرح ریزی پوست سر، یا همبستگی فضایی با مصنوعات شناخته شده می‌تواند به شناسایی اجزای غیر مغزی کمک کند.
۲. ویژگی‌های زمانی^۳: اجزای غیر مغزی ممکن است ویژگی‌های زمانی متفاوتی از فعالیت عصبی نشان دهند، مانند شروع ناگهانی، نوسانات سریع، یا الگوهای ریتمیک غیر مرتبط با عملکرد مغز.
۳. محتوای فرکانس^۴: اجزای غیر مغزی ممکن است محتوای فرکانسی را نشان دهند که با فعالیت عصبی ناسازگار است.

با اعمال این معیارها، محققان می‌توانند اجزای ICA غیر مغزی را شناسایی و حذف کنند، در نتیجه کیفیت داده‌های EEG را برای تجزیه و تحلیل و تفسیر بعدی بهبود می‌بخشند.

¹ JADE (Joint Approximate Diagonalization of Eigenmatrices)

² Spatial Distribution

³ Temporal Characteristics

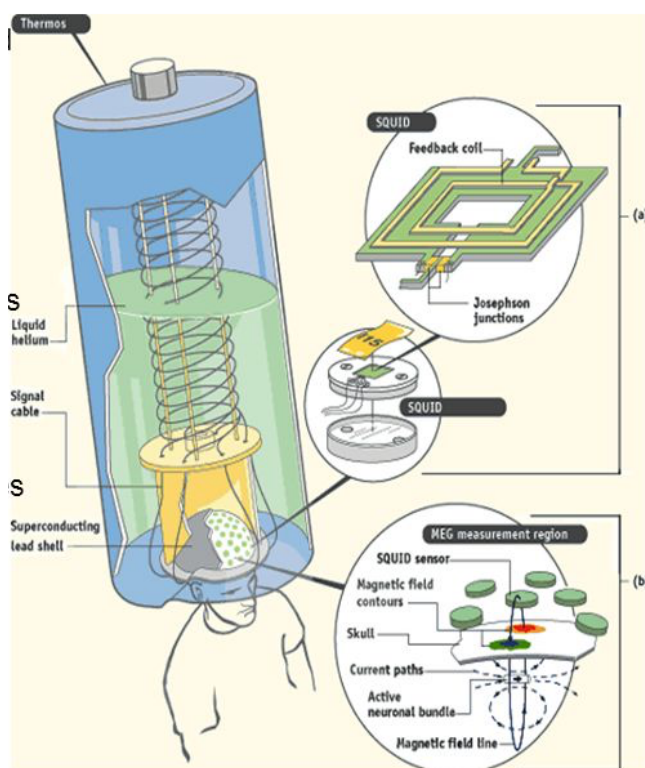
⁴ Frequency Content



سوال ۴) نحوه عملکرد 'squid' در سنسورهای MEG برای اندازه گیری میدان مغناطیسی را به طور قابل فهم تشریح کنید.

میدانهای مغناطیسی مغز بسیار ضعیف می باشند و ثبت و شناسایی آنها سخت می باشد یکی از ابزار هایی که در دستگاه MEG برای ثبت این میدانهای مغناطیسی استفاده می شود همانطور که در تصویر ۴-۱ دیده می شود اسکوئید می باشد.

اسکوئید در واقع یک مغناطیس سنج بسیار حساس می باشد که می تواند میدانهای مغناطیسی بسیار ضعیف اندازه گیری کند. این ابزار در واقع با استفاده از تکنولوژی ابررسانا و اتصالات جوزفسون میدان مغناطیسی کوچک در حد $5 \times 10^{-14} T$ را اندازه گیری کند.

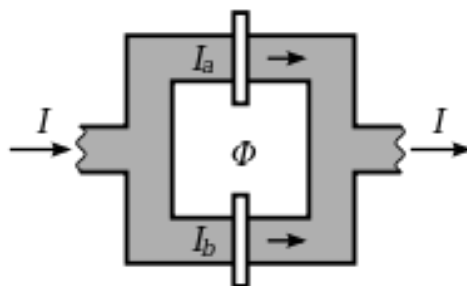


شکل ۴-۱ تصویر بزرگ شده یک نمونه اسکوئید

¹ Superconducting quantum interference device



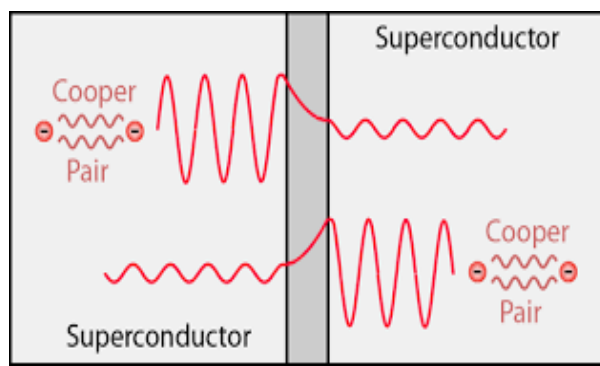
شکل یک اسکوئید به صورت تصویر ۲-۴ می باشد که همانطور که مشاهده می شود یک حلقه ابررسانا می باشد که دارای دو اتصال جوزفسون می باشد.



شکل ۲-۴ اسکوئید تشکیل شده از یک حلقه ابررسانا

اتصال و پدیده جوزفسون:

همانطور که در شکل ۳-۴ مشاهده می شود به قرارگیری یک گیره‌ای نازک بین دو هادی (ابررسانا) اتصال جوزفسون گویند. در فیزیک کوانتومی هنگامی که جریان از حدی بیشتر شود، بدون وجود اختلاف پتانسیل در دو سر قطعه گیره‌ای الکترون‌ها از درون گیره‌ای عبور کرده و جریان الکتریکی درون آن برقرار می شود. اما با این تفاوت که جریان در دو طرف دارای اختلاف فازی بوده که باعث ایجاد یک اختلاف پتانسیل می شود.

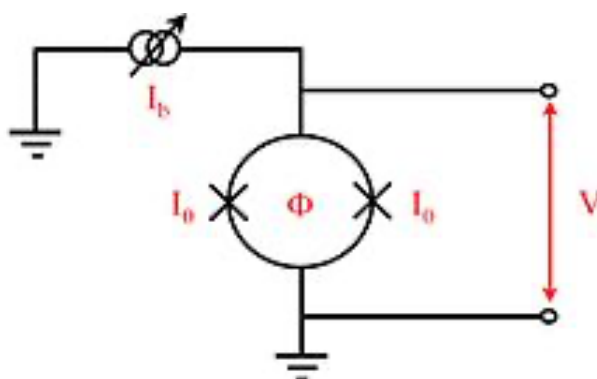


شکل ۳-۴ اتصال و پدیده جوزفسون

شماتیک مداری اسکوئید به صورت شکل ۴-۴ می باشد که I_b جریان بایاس، I_0 جریان بحرانی و φ شار گذرنده از داخل اسکوئید می باشد.

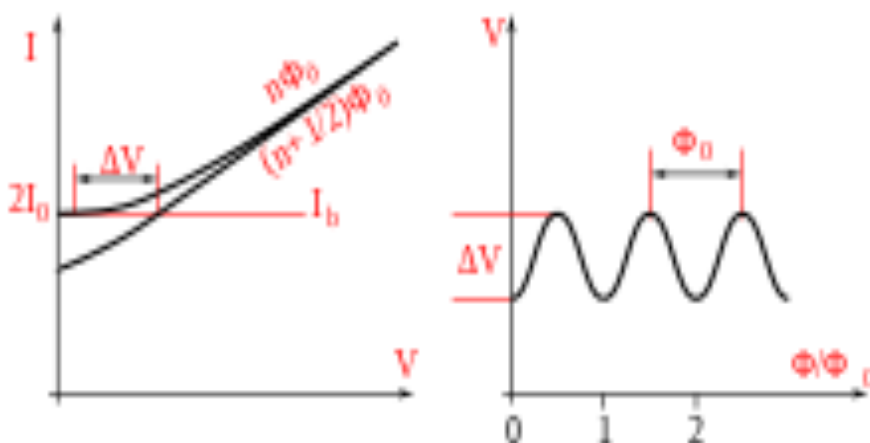


در حالتی که هیچ میدان مغناطیسی از اسکوئید نمی‌گذرد جریان بایاس به طور مساوی در دو شاخه ابررسانا تقسیم می‌شود. اگر میدان مغناطیسی کوچکی اعمال شود، جریان القایی I_s در حلقه ایجاد می‌شود که اندازه آن متناسب با شدت میدان مغناطیسی بوده و فاز اضافی جوزفسون را به سیستم اضافه می‌کند. این جریان در یکی از شاخه‌ها خلاف جریان بایاس بوده $(\frac{I_b}{2} - I_s)$ و در شاخه دیگر در جهت جریان بایاس $(\frac{I_b}{2} + I_s)$ می‌باشد. در حالتی که جریان به حالت بحرانی برسد پدیده جوزفسون رخ می‌دهد و ولتاژی دوسر اسکوئید ایجاد می‌شود. توجه شود که به خاطر جهت جریان‌ها در یکی از شاخه‌ها جریان زودتر به حالت بحرانی می‌رسد.



شکل ۳-۴ شماتیک و مدل مداری اسکوئید

نمودار تغییرات ولتاژ و جریان و شار مغناطیسی در شرایط حضور و عدم حضور میدان مغناطیسی به صورت زیر می‌باشد که همانطور که مشاهده می‌شود در زمان حضور میدان مغناطیسی و جریان ثابتی از بایاس اختلاف پتانسیل بیشتری و در نتیجه شار و میدان مغناطیسی قابل شناسایی می‌باشد.



شکل ۳-۴ نمودار تغییرات ولتاژ-جریان و شار