بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

او که هر چه دارم از اوست.
تکیه‌ام بر اوست و بی او فرو می‌افتم.

و

به پدر و مادر عزیزم
آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان همه مهر.

توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی من است.

دانشکده علوم پایه

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی

موضوع:

تحلیل مدل ریاضی فرکتالی سیگنال های مغزی

نگارنده:

سعید برجسته

استاد راهنما:

دکتر حمیدرضا نویدی

استادان مشاور:

دکتر کوروش قره گزلی

دکتر مجید حسن پور عزتی

زمستان ۱۳۹۰

اظهارنامه

اینجانب سعید برجسته دانشجوی کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی گرایش تحقیق در عملیات دانشکده علوم پایه دانشگاه شاهد، گواهی می‌دهم که پایان نامه تدوین شده حاضر با عنوان "تحلیل مدل ریاضی فرکتالی سیگنال‌های مغزی" به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر حمیدرضا نویدی، توسط شخص اینجانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تایید است وچنانچه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجانب را مسترد و ابطال نماید همچنین اعلام می‌دارم در صورت بهره‌گیری از منابع مختلف شامل گزارش‌های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدید آورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارایه نشده است. در تدوین متن حاضر، چار چوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش‌های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می‌باشد.

امضاء:

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدرانی خود را از کلیه عزیزانی که در طول اجرای این پروژه با نظرات، پیشنهادات و حمایت‌های بی‌دریغشان اینجانب را در جهت رسیدن به اهداف تحقیق یاری نمودند، ابراز می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر نویدی و جناب آقای دکتر حسن‌پور عزتی به‌خاطر زحمات، حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزنده‌شان در تحلیل و پیاده‌سازی پروژه، از جناب آقای دکتر قره‌گزلی و جناب آقای دکتر نصرآبادی که با زحمات فراوان و راهنمایی‌های ارزشمند خود مرا در این پروژه یاری رساندند بی‌نهایت سپاسگزارم. و در آخر از صمیم قلب از اساتید گران‌قدر و کارکنان محترم دانشگاه شاهد و بیمارستان لقمان حکیم سپاسگزارم. امیدوارم روزگار مرا به جبران زحمت‌هایی که برای یکایک عزیزان فراهم آورده‌ام، توفیق دهد.

چکیده

امروزه پردازش سیگنال الکتروانسفالوگرام (EEG) در زمینه‌های مختلف عملکرد مغزی، از جمله خواب، بیهوشی، صرع، سکته مغزی و هیپنوتیزم مورد توجه پژوهشگران می‌باشد. در این پژوهش امواج نوار مغزی ثبت شده از افراد سکته‌ای مورد پردازش کمی قرار گرفته و نتایج حاصل از این پردازش از نظر درستی با نظرات پزشکان متخصص مورد مقایسه قرار گرفته است. در این تحقیق با بکار گیری سیگنال الکتروانسفالوگرام و استفاده از روش‌های آنالیز نوسانات دیترند شده، آنالیز نوسانات دیترند شده چند فرکتالی و روش تجربی تجزیه سیگنال، ویژگی‌های مختلفی از روی سیگنال الکتروانسفالوگرام ۱۷ فرد سالم و ۱۲ فرد بیمار استخراج شده است. بر مبنای این ویژگی‌ها و بکارگیری گشتاورهای نمای مقیاس بندی و همبستگی نمای مقیاس بندی تفکیک پذیری افراد بیمار و سالم بررسی شده است. در نهایت با استفاده از روش آنالیز نوسانات دیترند شده چند فرکتالی با ($Q = ۲/۳۷$) امکان تشخیص بیماران دچار سکته مغزی از افراد سالم به میزان ۱۰۰٪ مطابق با نظر پزشکان متخصص براساس پردازش نتایج نوار مغزی توسط این روش امکان‌پذیر شد.

واژه‌های کلیدی:

نوارمغزی (الکتروانسفالوگرام)، سری زمانی، آنالیز توسانات دیترند شده، آنالیز نوسانات دیترند شده چند فرکتالی و روش تجربی تجزیه سیگنال

فهرست مطالب

۱ سیگنال EEG وکاربردهای آن ۱

۱.۱ مقدمه ۱

۲.۱ تاریخچه الکتروانسفالوگرافی ۱

۳.۱ منشاء سیگنال ۳

۴.۱ آشنایی با ساختار مغز ۴

۵.۱ ریتم‌های الکتریکی در نوار مغزی ۶

۶.۱ نحوه الکترود گذاری و استاندارد ۲۰-۱۰ ۹

۱.۶.۱ قوانین نامگذاری الکترودها ۱۱

۲.۶.۱ تجهیزات مورد نیاز ثبت EEG ۱۳

۷.۱ کاربردهای مختلف سیگنال EEG ۱۴

۱.۷.۱ کاربردهای کلینیکی سیگنال EEG ۱۵

۲.۷.۱ تشخیص بلوغ فکری با استفاده از سیگنال‌های مغزی ۱۵

۳.۷.۱ رابط مغز - کامپیوتر ۱۵

۴.۷.۱ مطالعه بی‌نظمی خواب و فیزیولوژی آن ۱۶

۸.۱ نتیجه گیری ۱۶

۲ آشوب ۱۷

۱.۲ مقدمه ۱۷

۲.۲ آشوب قطعی ۱۹

۳.۲ مفاهیمی از دینامیک های غیر خطی ۲۰

۴.۲ روش های تشخیص وجود آشوب ۲۲
۵.۲ عوامل ایجاد کننده رفتارهای آشوب‌گونه در سیستم‌های بیولوژیکی ۲۸
۳ فرکتال و هندسه فرکتالی ۳۰
۱.۳ فرکتال چیست؟ ۳۲
۲.۳ بعد فرکتالی و ویژگی‌های آن ۳۳
۱.۲.۳ بعد هاسدورف ۳۴
۱.۱.۲.۳ مشخصات اندازه‌ی هاسدورف ۳۶
۲.۱.۲.۳ ویژگی‌های بعد هاسدورف ۳۷
۲.۲.۳ بعد جعبه‌شمار ۳۸
۱.۲.۲.۳ ویژگی‌های بعد جعبه‌شمار ۳۸
۳.۳ خودمتشابهی ۳۹
۴.۳ خود آفینی ۴۲
۵.۳ نمای هارست ۴۲
۱.۵.۳ تحلیل نمای هارست ۴۴
۶.۳ چندفرکتالی ۴۵
۱.۶.۳ نظریه چندفرکتالی زمخت ۴۶
۲.۶.۳ نظریه چندفرکتالی نرم ۵۳
۳.۶.۳ سری زمانی چندفرکتالی ۵۵
۱.۳.۶.۳ حداکثر ضریب تبدیل ویولت ۵۶
۲.۳.۶.۳ آنالیز نوسانات دیترند شده چندفرکتالی ۵۷
۴ آنالیز نوسانات دیترند شده ۵۸
۱.۴ آنالیز نوسانات دیترند شده ۵۸
۱.۱.۴ الگوریتم ۵۹
۲.۱.۴ تفسیر ۶۱
۳.۱.۴ مزایا و معایب ۶۳

۲.۴ آنالیز نوسانات دیترند شده چندفرکتالی ۶۵
۱.۲.۴ الگوریتم ۶۶
۲.۲.۴ تفسیر ۶۸
۳.۲.۴ مزایا و معایب ۶۹
۴.۲.۴ رابطه $MF-DFA$ با آنالیز چندفرکتالی استاندارد ۶۹
۳.۴ روش تجربی تجزیه‌ی سیگنال ۷۲
۱.۳.۴ مقایسه‌ی EMD با روش‌های دیگر ۷۳
۲.۳.۴ خصوصیات الگوریتم EMD: ۷۴
۳.۳.۴ الگوریتم EMD ۷۴
۴.۳.۴ کاربرد EMD در روش‌های قبلی ۷۶
۵ معرفی داده‌ها و آنالیز داده‌ها **۷۷**
۱.۵ معرفی داده‌ها ۷۷
۲.۵ آنالیز داده‌ها ۷۷
۱.۲.۵ ویژگی‌های مقیاس بندی ۷۹
۲.۲.۵ گشتاور نمای مقیاس‌بندی ۸۱
۳.۲.۵ همبستگی نمای مقیاس‌بندی ۸۳
۳.۵ جداسازی افراد سکته‌ای از افراد سالم ۸۴
آ برنامه‌های کامپیوتری استفاده شده **۹۰**
آ.۱ برنامه روش DFA ۹۰
آ.۲ برنامه روش MF-DFA ۹۳
آ.۳ برنامه روش EMD-DFA و EMD-MFDFA ۹۸
مراجع **۱۰۱**
واژه‌نامه **۱۰۷**

لیست جداول

۱.۱ الگوهای فرکانسی سیگنال EEG و پهنای باند آن‌ها ۱۰

لیست تصاویر

۱.۱ (A) دو نیمکره راست و چپ مغز ، (B) لوبهای مختلف مغز[۱] ۵

۲.۱ نمایی از قسمت‌های مختلف قشر مغزی و اعمال منتسب به آن‌ها[۱، ۷] ۶

۳.۱ شکل موج باند دلتا[۶۷] ۷

۴.۱ شکل موج باند تتا[۶۷] ۷

۵.۱ شکل موج باندهای آلفا و بتا[۱] ۹

۶.۱ شکل موج باند میو (سمت چپ) و آلفا (سمت راست) [۶۷] ۹

۷.۱ الکترود گذاری سیستم ۱۰- ۲۰ . . . . . ۱۰

۸.۱ مرحله اول نصب الکترود ها با استاندارد ۱۰- ۲۰ . . . . . ۱۲

۹.۱ مرحله دوم نصب الکترودها ۱۲

۱۰.۱ مرحله سوم نصب الکترودها ۱۳

۱۱.۱ يك نمونه الكترود گذاري سيستم ۲۰-۱۰ با تفكيك فضايي بيشتر ۱۳

۱۲.۱ تجهیزات مورد نیاز برای ثبت EEG ۱۴

۱۳.۱ نوار مغز ثبت شده از یک فرد بزرگسال ۱۴

۱.۲ چهار نوع مختلف جاذب. (الف): جاذب نقطه‌ای (ب): جاذب حدی (ج): جاذب سطحی (د): جاذب عجیب ۲۱

۲.۲ طیف فرکانسی چند سیگنال حیاتی ۲۴

۳.۲ روش بدست آوردن بعد همبستگی ۲۶

۴.۲ واگرا شدن جواب در اثر اختلاف در شرایط اولیه ۲۷

۵.۲ دور شدن مسیرها از یکدیگر و نمای لیاپانوف ۲۸

۱.۳ منحنی کخ ۳۱
۲.۳ مثلث سرپینسکی ۳۱
۳.۳ مجموعه F و دو $\delta-$ پوشش ممکن برای F. اینفیمم $\sum|U_i|^s$ روی همه $\delta-$ پوشش‌های $\{U_i\}$، $H^s_\delta(F)$ بدست می‌آید. ۳۵
۴.۳ نمودار $H^s(F)$ روی s برای یک مجموعه F. بعد هاسدورف، آن مقدار از s است که در آن پرش از ∞ به صفر روی می‌دهد. ۳۶
۵.۳ خودمتشابهی یك سری زمانی ۴۰
۶.۳ مقیاس‌بندی دوباره از یك اندازه‌گیری ۴۲
۷.۳ رابطه بعد فرکتالی و نمای هارست ۴۳
۸.۳ شکل‌هایی از طیف چندفرکتالی. نقاط D_q در (b) نقاط مماس α_* هستند که بین منحنی $f(\alpha)$ و خط مماس با شیب q نشان داده شده است ۵۱
۹.۳ مجموعه کانتور وزنی، با $p_۱ = ۰/۷۵$ و $p_۲ = ۰/۲۵$ ۵۲

۱.۴ پارامتر خود شباهت بدست آمده برای سه کانال نوار مغزی ۶۱
۲.۴ نویز سفید بدست آمده از یک سیگنال الکتروفیزیولوژی مربوط به فعالیت نرونی. ۶۲
۳.۴ نویز قهوه‌ای بدست آمده از یک سیگنال الکتروفیزیولوژی. ۶۲
۴.۴ نویز قهوه‌ای، طیف توان آن و نمودارهای توان و دامنه در برابر فرکانس. ۶۳
۵.۴ مرحله اول الگوریتم EMD ۷۵
۶.۴ مرحله دوم الگوریتم EMD ۷۵

۱.۵ سیگنال نوار مغزی از سه کانال برای فرد A ۷۹
۲.۵ نمای مقیاس بندی بدست آمده از سه کانال EEG برای فرد A ۸۰
۳.۵ توزیع ترسیمی $\alpha_۱$ نسبت به $\alpha_۲$ برای فرد A ۸۰
۴.۵ وابستگی $ln\ M_q^{(۱,۲)}$ به q برای فرد A ۸۲
۵.۵ وابستگی $ln\ N_q$ به q برای فرد A ۸۳
۶.۵ توزیع ترسیمی ν نسبت به η برای تمام افراد با استفاده از روش DFA ۸۴

۷.۵ توزیع ترسیمی ν نسبت به η برای تمام افراد با استفاده از روش MF-DFA برای Q=۲ . . . . ۸۵
۸.۵ توزیع ترسیمی ν نسبت به η برای تمام افراد با استفاده از روش MF-DFA برای Q=۲.۳۵ . . ۸۶
۹.۵ توزیع ترسیمی ν نسبت به η برای تمام افراد با استفاده از روش MF-DFA برای Q=۲.۳۷ . . ۸۷
۱۰.۵ توزیع ترسیمی ν نسبت به η برای تمام افراد با استفاده از روش EMD-DFA ۸۸

فصل ۱

سیگنال EEG وکاربردهای آن

۱.۱ مقدمه

مطالعه مغز و عملکردهای آن از دیرباز یکی از مهم‌ترین مشغله‌های ذهن انسان بوده است. یکی از ساده‌ترین روش‌های بررسی و ارزیابی عملکرد سیستم مغزی ثبت سیگنال الکتریکی مغزی یا الکتروانسفالوگراف[۱] است. مطالعه بر روی منشاء این سیگنال‌ها و نحوه تولید آن‌ها در کاربرد آن‌ها تاثیر زیادی دارد و دانستن عوامل موثر در تولید EEG راهگشای مناسبی برای استفاده از آن در تشخیص میزان سلامت شرایط مغز است [۸].

در این فصل ابتدا به تاریخچه الکتروانسفالوگرافی پرداخته و سپس منشاء سیگنال EEG را بیان خواهیم کرد و در ادامه به انواع ریتم‌های سیگنال‌های مغزی خواهیم پرداخت. در پایان کاربردهای سیگنال EEG در حوزه‌های مختلف بررسی خواهند شد و دلیل استفاده از آن در این رساله بیان خواهد شد.

۲.۱ تاریخچه الکتروانسفالوگرافی

در سال ۱۸۷۵ میلادی ریچارد کاتون[۲] نتایج ثبت سیگنال مغزی از خرگوش و میمون را که به کمک یک الکترود سوزنی از سطح کورتکس مغز به چاپ رساند. او برای این کار از یک گالوانومتر ساخته شده توسط لرد کلوین استفاده کرد.

کاتون گزارشی از نتایج ثبت فعالیت الکتریکی مغز حیوانات در اثر اعمال ناگهانی تحریک بینایی، در سال ۱۸۸۷ میلادی در نهمین کنگره بین المللی پزشکی در واشنگتن ارائه داد.

[۱] EEG

[۲] Richard Caton

مارکوف[۳] در سال ۱۸۸۳م. نتایج مشابه با کشف کاتون را به ثبت رساند. یک دانشمند روسی به نام دانیلوفسکی[۴] تجربیات مشابه خود را در سال ۱۸۷۷ یعنی دو سال بعد از کاتون در رساله دکترای خود ارائه نموده بود. کار این دانشمند زمینه ساز یکی از مهم‌ترین و پر استفاده‌ترین کاربردهای سیگنال‌های مغزی یعنی پتانسیل‌های برانگیخته[۵] (EP) شد.

مبدع الکتروانسفالوگرافی کنونی را می‌توان هانس برگر[۶] دانست چرا که او نخستین ثبت EEG را از انسان بعمل آورده است. او پس از جنگ جهانی اول برای ثبت EEG از انسان تلاش‌های خود را آغاز کرد تا اینکه در سال ۱۹۲۰میلادی موفق شد نخستین ثبت خود را از سطح جمجمه در حد فاصل ناحیه اتصال استخوان‌های جمجمه به هم انجام دهد. وی نخستین موج مغزی ثبت شده با فرکانس ۱۵ سیکل بر ثانیه را معرفی و آن را "آلفا" نامید.

برگر مقاله خود را در سال ۱۹۲۹م. منتشر نمود. وی تا آن هنگام ۷۳ ثبت انجام داده بود که نخستین ثبت‌های EEG به حساب می‌آمدند. در این مقاله برگر بهترین محل برای ثبت سیگنال مغزی را یک در ناحیه پس سری [۷] و یک الکترود در ناحیه پیشانی به عنوان مرجع اعلام کرد. وی در این مقاله ضمن معرفی امواج "آلفا" و "بتا" ، دامنه آنها را حدود ۲۰۰ میکروولت اعلام کرد. یک سال بعد از این مقاله برگر ۱۱۳۲ ثبت را از ۷۶ مورد انسانی انجام داد و در مقاله بعدی خود امواج "آلفا" و "بتا" را نام نهاده و امواج "بتا" را ناشی از فعالیت مغزی و تمرکز ذهنی دانست. در سال ۱۹۳۱م. برگر امواج "آلفا" را در مقاله دیگری دقیقتر معرفی نمود و اعلام کرد که این امواج در هنگام خواب ، بیهوشی و تحریک فرد با کوکائین مشاهده می‌شوند. موضوع قابل توجه در تحقیقات بعدی برگر دامنه‌های بزرگ[۸] امواج مغزی در بیماران مبتلا به صرع بود. همچنین وی تاثیرات آلزایمر و اسکلروسیس را روی سیگنال EEG مورد بررسی قرار داد. برگر همچنین برخی بیماری‌های روانی و ارتباط آن‌ها را با امواج مغزی مورد مطالعه قرار داد.

کارل زایس[۹] اختراع جدید خود را که تقویت کننده‌های حساس الکترونیکی بودند در اختیار برگر قرار داد و برگر با کمک این تجهیزات حساس نشان داد که پس از حمله صرع، امواج مغزی بیمار تقریباً مسطح شده و

[۳] Fleischel von Marcow
[۴] Vasili Yakovlevich Danielovsky
[۵] Evoked Potentials
[۶] Hans Berger
[۷] Occipital
[۸] Spike
[۹] Zeiss Carl

کم کم با بازگشت هوشیاری امواج "آلفا" ظاهر می‌شوند. همچنین نشان داد که امواج مغزی از سن حدود دو ماهگی کم کم قابل مشاهده‌اند و این زمانی است که سلول‌های عصبی با میلین[۱۰] پوشیده می‌شوند.

تا سال‌های زیادی تحقیقات برگر توسط جامعه علمی آن زمان نادیده گرفته می‌شد که بیشتر به دلیل به بیراهه کشیدن تحقیقات و شکل و شمایل تصادفی و آشوبگون سیگنال مغزی بود. اما در سال ۱۹۳۴م. ادگار آدریان[۱۱] و ماتئوس[۱۲] بر تحقیقات برگر در دانشگاه کمبریج صحه گذاشتند و در نشریه Brain نتایج تحقیقات خود را ارائه دادند که مرجع آنها مقالات برگر بود [۸].

۳.۱ منشاء سیگنال

امروزه به اندازه‌گیری و ثبت فعالیت الکتریکی مغز از سطح پوست سر را الکتروانسفالوگرافی گویند. این فعالیت الکتریکی توسط میلیاردها سلول عصبی یا نرون بوجود می‌آید. سیستم عصبی مرکزی از دو گروه سلول بنام سلول‌های عصبی و سلول‌های گلیا[۱۳] تشکیل شده است.

دو دسته سیستم ارتباطی برای انتقال پیام و نتیجه پردازش بین سلول‌های عصبی مرکزی وجود دارد. دندریت‌ها[۱۴] و آکسون‌ها[۱۵] ، وظیفه دریافت و انتقال پیام را به سلول‌های مجاور و ارگان‌های دیگر بر عهده دارند و محل اتصال دو سلول یعنی تماس آکسون به دندریت را سیناپس می‌نامند.

سلول‌های گلیا در لابلای سلول‌های عصبی، دندریت‌ها و آکسون‌ها جای گرفته‌اند. این سلول‌ها معمولاً پردازش‌های بسیاری را در ارتباط با بدنه و فعالیت سلول‌های عصبی انجام می‌دهند. این سلول‌ها همچنین با رگ‌های خونی در ارتباط می‌باشند. فعالیت الکتریکی یک سلول عصبی را از دو دیدگاه می‌توان مورد تجزیه و تحلیل و اندازه گیری قرار داد: (۱) پتانسیل‌های داخل سلولی و (۲) پتانسیل‌های خارج سلولی.

استفاده از یک میکروالکترود که از غشا سلولی عبور کرده و وارد سیتوپلاسم سلول عصبی می‌شود، اختلاف پتانسیلی حدود ۶۰ تا ۷۰ میلی ولت با پلاریته منفی را برای فضای داخل سلول عصبی نسبت به خارج آن نشان می‌دهد. این پتانسیل غشایی، حاصل جابجایی‌های یونی فراوانی است که در اثر تحریکات سیناپسی

[۱۰] Mielin
[۱۱] Adrian Edgar
[۱۲] Matheus BHC
[۱۳] Glia
[۱۴] Dendrites
[۱۵] Axons

ایجاد می‌شود.

این جریان‌های اولیه بین دو سوی غشا، جریان‌های یونی را در فضای خارج سلولی تولید می‌کند که این جریان‌های یونی خارج سلولی یکی از مهم‌ترین عوامل تولید پتانسیل‌های الکتریکی خارج سلولی می‌باشد. به این ترتیب، نکته اصلی از این دیدگاه در ارتباط با عملکرد سیناپس این است که این فرایندهای سیناپسی تولید کننده تمام پدیده‌های مرتبط با پتانسیل میدانی خارج سلولی خصوصاً از نظر زمان بندی تحریک آغاز آن‌ها می‌باشند.

اما پتانسیل‌های میدانی خارج سلولی را می‌توان براساس مشخصات فرکانسی آن‌ها به دو دسته پتانسیل‌های DC و فرکانس بالا تقسیم کرد. آنچه که در الکتروانسفالوگرافی مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد عموماً فرکانس‌های بیشتر از ۱ هرتز یعنی فرکانس‌های غیر DC هستند.

سیگنال EEG ثبت شده در سطح جمجمه را با در نظر گرفتن ساز و کار تولید پتانسیل‌های میدانی خارج سلولی، می‌توان ناشی از برآیند این پتانسیل‌های میدانی موجود در حجم هادی مغز دانست. براساس این دلایل ماهیت آشوبگونه و یا تصادفی سیگنال مغزی بیشتر قابل درک خواهد بود چرا که هر بخش از مغز مسئول انجام اعمال خاصی است که در وضعیت‌های مختلف، فعالیت این نواحی تغییر می‌کند. بنابراین، بر هم کنش سیگنال‌های حاصل از این فعالیت‌های پس سیناپسی در مناطق مختلف مغز، از نواحی مختلف جمجمه قابل جمع آوری است و همین امر مفهوم الکتروانسفالوگرافی را بنیان نهاده و به آن اهمیت داده است. تفکیک فضایی EEG به تعداد الکترودهای آن بستگی دارد و در حدود سانتی متر است (در FMRI[۱۶] و PET[۱۷] این تفکیک فضایی در محدوده میلی متر می‌باشد)[۸، ۷].

۴.۱ آشنایی با ساختار مغز

مغز انسان حدود ۱۴۰۰ گرم وزن دارد. مغز را از دیدگاه آناتومیک می‌توان به این ساختارهای اصلی تقسیم بندی کرد: قشر مغز یا سربرال کورتکس[۱۸]، مخچه، ساقه مغز، تالاموس و هیپوتالاموس. قشر مغزی خود به دو نیمکره تقسیم شده است. این نیمکره‌ها توسط جسم پینه‌ای با هم در ارتباط هستند. هریک از این نیمکره‌ها

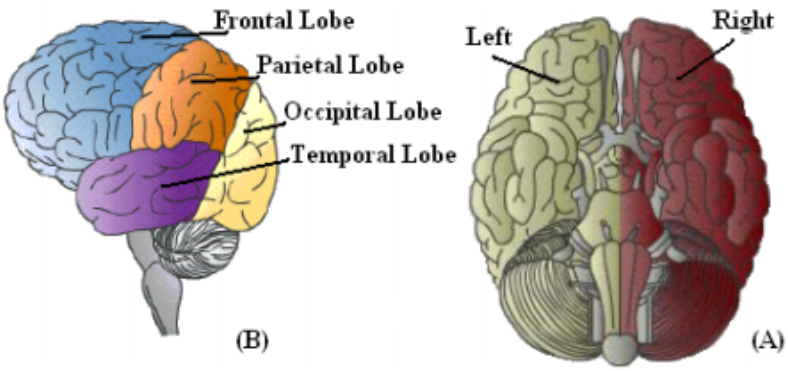
[۱۶] Functional Magnetic Resonance Imaging

[۱۷] Positron Emission Tomography

[۱۸] Cerebral Cortex

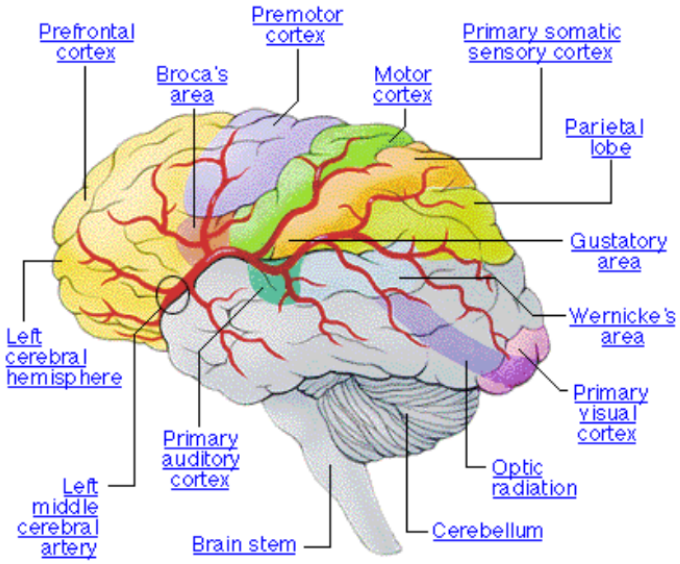
را می‌توان به چهار لوب تقسیم کرد، که عبارتند از: لوب پیشانی[۱۹]، آهیانه[۲۰]، پس‌سری[۲۱] و گیجگاهی[۲۲] (شکل۱.۱).

قشر مغز مسئول حل بسیاری از اعمال عالی مغز نظیر حل مساله، درک زبان و پردازش اطلاعات پیچیده بینائی است. همچنین قشر مغز را می‌توان از نظر نوع عملکردی به نواحی مختلف دیگری تقسیم‌بندی کرد. این مناطق در شکل ۲.۱ نشان داده شده‌اند. آلیسون[۲۳] شرایطی را برای فعالیت هر مجموعه از نرون‌ها به منظور آشکار شدن در EEG ارائه کرده است. این شرایط عبارتند از: بیشتر فعالیت الکتریکی نرون‌ها باید در امتداد محوری خاص، عمود بر سطح کاسه سر متمرکز باشد؛ دندریت نرون‌ها باید به موازات یکدیگر قرار گرفته باشند تا میدان پتانسیل‌های آن‌ها جمع شده و سیگنالی را بوجود آورد که در فاصله دورتر نیز قابل بازیابی باشد؛ نرون‌ها بایستی همزمان با هم آتش کنند؛ فعالیت الکتریکی ایجاد شده توسط هر نرون بایستی علامت یکسان با سایر نرون‌ها داشته باشد.



شکل ۱.۱: (A) دو نیمکره راست و چپ مغز ، (B) لوبهای مختلف مغز[۱]

[۱۹] Frontal
[۲۰] Parietal
[۲۱] Occipital
[۲۲] Temporal
[۲۳] Alison



شکل ۲.۱: نمایی از قسمت‌های مختلف قشر مغزی و اعمال منتسب به آن‌ها[۱، ۷]

۵.۱ ریتم‌های الکتریکی در نوار مغزی

مغز متشکل از میلیون‌ها نرون است که هر کدام عملی متفاوت را انجام می‌دهند. از این‌رو در هر لحظه و در هر جا از مغز، ترکیب مختلفی از انواع فرکانس‌ها را می‌توان داشت. در این بخش به طور مختصر انواع باندهای فرکانسی سیگنال EEG و همچنین شرایطی که شخص مورد آزمایش داراست و در تحت آن شرایط توان باندهای فرکانسی ثبت شده از مغز فرد مورد آزمایش که تغییر می‌کند را شرح می‌دهیم [۵].

الف) باند دلتا [۲۴]

باند فرکانسی از سیگنال EEG که ۰.۱ تا ۴ هرتز است را باند دلتا می‌نامند(شکل ۳.۱) این فرکانس بیشتر در نوزادان و افراد بزرگسال به هنگام خواب عمیق مشاهده می‌شود. این وضعیت در نوار مغزی اشخاص بزرگسال در حال خواب عمیق ولی بدون حرکات سریع چشم و غیر هوشیار دیده می‌شود. این پتانسیل اغلب روی همه سطح سر توزیع می‌شود. وضعیت شخص از دیدگاه فیزیولوژی در این حالت، عدم حرکت و پائین آمدن سطح غلظت برخی مواد شیمیائی در بدن است. با تعلیم نحوه کنترل چنین فرکانسی به شخص در بیوفیدبک می‌توان احساس خواب آلودگی و حالت آرامش خیلی عمیق را بدست آورد[۶۷] .

[۲۴] Delta Band