

مروری بر اتصال مغز به کامپیوتر؛ چالش‌ها، راهکارها و کاربردها

رضا مولایی فرد

کارشناسی ارشد کامپیوتر.

نام نویسنده مسئول:

رضا مولایی فرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۲۳

چکیده

دانشمندان و پژوهشگران بر این باورند که پیشرفت رایانه‌ها و بیوتکنولوژی می‌تواند مغز انسان را نیز تحت تاثیر قرار دهد. یک گروه بین‌المللی از پژوهشگران پیشرفت‌های قابل توجهی را برای ارتباط میان مغز انسان و رایانه بدست آورده‌اند. آنها با ترکیب فناوری نانو، هوش مصنوعی و محاسبات قدیمی به این نتیجه رسیدند که انسان می‌تواند مغز خود را به کامپیوتر وصل کند. محققان سعی دارند تا با واسطی که بین کاربر و کامپیوتر قرار می‌دهند روشی ایجاد کنند که کاربر بدون استفاده از هیچ یک از اندام‌های بدن و تنها با تفکر بتواند با رایانه به صورت مستقیم ارتباط برقرار کند و فعالیت‌های خود را انجام دهد. تحقیق محققان هنوز در مراحل اولیه خود قرار دارد با این حال در این تحقیق به روش‌های موجود و تحقیقات انجام شده مانند روش کارکرد BCI و کاربرد‌ها و چالش‌های آن پرداخته می‌شود تا کاربران علاقمند به این فناوری بتوانند آشنایی کاملی با این فناوری پیدا کنند.

واژگان کلیدی: اتصال مغز، BCI، کاربرد BCI، چالش‌های BCI، شبکه عصبی.

مقدمه

ایلان ماسک، بنیانگذار شرکت تسلا، مارک زاکنبرگ بنیانگذار فیسبوک و جانسون، سرمایه داری که قصد دارد تمام ثروت ۸۰۰ میلیون دلاری خود را برای تلاش برای اتصال مغز به اینترنت اختصاص داده است، قصد دارند پروژه‌ای برای اتصال مغز به کامپیوتر به منظور ایجاد «همزیستی با هوش مصنوعی» را کلید بزنند. ایلان ماسک با کمک تسلا برای دستیابی به این هدف شرکت «نورالینگ» را در تابستان ۲۰۱۶ تاسیس و تحقیقاتی را در زمینه عملکرد مغز آغاز کرده است. با این حال به نظر می‌رسد که مراحل آزمایشی آن بر روی حیوانات در حال انجام است. هدف اولیه این طرح رفع علائم بیماری‌های مزمن اعلام شده بود. ایلان ماسک در توضیح این پروژه گفت: به احتمال زیاد برای اجرای این طرح یک تراشه ۲ میلی متری در مغز قرار خواهد داد. هدف تأمین آینده بشریت است. به گفته آقای ماسک به احتمال زیاد در اواخر امسال برای اولین بار در مغز کار گذاشته خواهد شد. ماسک معتقد است که اتصال مغز به رایانه می‌تواند به انسان‌ها کمک کند به ناتوانی‌ها و آسیب‌های خود غلبه کنند و در نهایت با هوشمندترین، هوش‌های مصنوعی هم رقابت کنند. گفته می‌شود این تراشه جس لامسه کاربران را بازیابی میکند. این پردازنده سیگنال‌های پیچیده‌ای را رمزگشایی می‌کند که در مغز انسان شکل گرفته‌اند؛ سپس تراشه آن‌ها را به اعداد تبدیل می‌کند تا بتواند این سیگنال‌ها را پردازش کند. در نتیجه شخصی که این تراشه در مغز وی کار گذاشته می‌شود، امکان کنترل کردن عملکرد عضلات بدن را پیدا کند. اخیراً اعلام شد که این فناوری به یک میمون اجازه داده است مغز خود یک رایانه را کنترل کند. به این ترتیب امید است که فناوری مذکور در بیمارانی آزمایش شود که دچار آسیب‌های مغزی یا نخاعی هستند و یا به طور مادرزادی دچار نقص هستند. در ابتدا قرار بود این کار تا آخر سال ۲۰۱۹ میلادی انجام شود که میسر نشد و ایلان ماسک به تازگی اعلام کرده است که این پروژه در سال ۲۰۲۱ تکمیل خواهد شد.

این الگوریتم در آینده به گونه‌ای به مغز متصل خواهد شد که نیازی به وارد کردن آن به بدن نداشته باشد. این الگوریتم از طریق حسگرهای کوچکی به نورون‌های ساخته شده توسط مهندسی ژنتیک، تزریق خواهد شد. این نورون‌ها قادر خواهند بود با اتصال بدون سیم به یک دریافت‌کننده کلاه مانند، تبادل اطلاعات کنند. سیم‌های موجود، سیگنال‌های الکتریکی را که نورون‌ها طی یک سری آزمایش ساده‌ی حافظه به یکدیگر منتقل می‌کنند، ثبت و ضبط می‌کنند. این سیگنال‌ها وارد هارد می‌شوند و در آنجا الگوریتم، آن‌ها را به کد دیجیتال قابل تحلیل، بهبود و بازنویسی تبدیل می‌کند. هدف این تبدیل کردن، بهبود حافظه‌ی افراد می‌باشد. سپس الگوریتم با تبدیل کدهای جدید به سیگنال‌های الکتریکی، آنها را به مغز می‌فرستد.

بیان مسئله

شرکت نورالینگ قصد دارد تا مغز انسان را به وسیله ترد یا نخ‌های بسیار ظریف، انعطاف‌پذیری که در محل‌های مختلفی از مغز قرار می‌گیرد متصل کند. این نخ‌ها قادر خواهند بود حجم انبوهی از اطلاعات را از مغز انسان به سمت یک کامپیوتر منتقل کنند. این سیستم می‌تواند به اندازه ۳۰۷۲ الکترون در هر آرایه بین ۹۶ نخ باشد. این نخ‌ها به عرض ۴ تا ۶ میکرومتر با عرض کمتر از یک موی انسان هستند. Neuralink همچنین در حال توسعه یک ربات است که با استفاده از پرتوی لیزری با سوراخ کردن جمجمه، این نخ‌ها را در مغز تعبیه کند. پیش از این، آزمایش‌های اولیه خود را با رابط رایانه-کامپیوتر بر روی یک موش آزمایشگاهی انجام داده است. neuralink توانست فعالیت مغز موش را به از طریق هزاران الکترون کوچک که در مغز نمونه آزمایشگاهی در کنار نورون‌ها (رشته‌های مغزی و ستون فقراتی) و سیناپس‌ها (محل تماس دو عصب) شکل می‌گیرند را ثبت کند. این تیم می‌گوید که بدون ایجاد به مغز نمونه آزمایشگاهی به یک موفقیت بزرگ در سیستم دست یافته است. پس از تصویب این مورد، دانشمندان انجام آزمایش‌های انسانی را آغاز نموده‌اند. اگر همه چیز طبق برنامه پیش برود، این سیستم انتقال داده خواهد بود زندگی جدیدی را برای بیماران فلج رقم بزند و آن‌ها قادر خواهند بود تا کامپیوترها و گوشی‌های هوشمند را با افکار خود کنترل کنند. اولین جراحی برای این کار به احتمال زیاد تحت بی‌هوشی انجام می‌شود اما پروژه نورالینگ در نظر دارد تمام ایم‌روند را بدون درد انجام دهد و تنها به بیهوشی موضعی بسنده کند. این یک تجربه مشابه عمل لیزیک است که در آن یکی از رشته‌های لیزری بدون درد ب مغز می‌رسد. این شرکت در حال حاضر

بیش از ۱۵۰ میلیون دلار سرمایه جهت انجام این پروژه عظیم جمع آوری کرده اند که از این مبلغ ۱۰۰ میلیون دلار از سرمایه خود ایلان ماسک به دست خواهد آمد.

پیشینه پژوهش

در سال ۲۰۱۷ سایتی به نام *Wait but why* گزارش داد که این استارت آپ قصد دارد دستگاهی توسعه دهد که می تواند بیماری های مغزی جدی را در مدتی کوتاه درمان کند. این سایت کار این شرکت را جنبشی فرابشریت^۱ نامید. فرا بشریت، جنبشی فکری و فرهنگی است که می گوید با پیشرفت فناوری و افزایش در دسترس بودن آن، می توان به جلوگیری از افزایش سن یا به توانمندسازی انسان ها به لحاظ توانایی های فیزیکی، ذهنی یا روان شناختی، پرداخت.

راجس راثو، استاد علوم رایانه ای و مهندسی دانشگاه واشنگتن، که بیش از یک دهه رابط های مغز و رایانه را مورد بررسی قرار داده، در اتاق آزمایشگاه خود نشست و کلاهکی از الکتروود های مخصوص ثبت نوار مغزی را بر سر گذاشت که یک، الکتروانسفالوگرام وصل بود، دستگاهی که فعالیت های الکتریکی مغز را می خواند.

اب فتر، از پژوهشگران مرکز مهندسی عصبی حسی حرکتی^۲ است، او یکی از اولین پیشگامان فناوری اتصال مغز به ماشین است. او با بررسی های خود در ۱۳۶۹ (یعنی زمانی که حتی کامپیوترهای شخصی در دسترس نبودند) نشان داد که میمون ها می توانند از سیگنال های مغز خود یک سوزن را کنترل کنند.

محققان دانشگاه پیتسبورگ از سیگنال های ثبت شده در مغز برای کنترل یک بازوی رباتیک استفاده کردند. پژوهشگران استنفورد هم توانسته اند خواسته های حرکتی بیماران فلج را از سیگنال های مغزشان به دست بیاورند و آنها امکان استفاده بی سیم از تبلت را بدهند.

BCI

فناوری ها و محصولات حوزه رابط مغز و رایانه اختصاراً BCI^۳ مسیری ارتباطی میان مغز انسان و رایانه را فراهم می کند. BCI با کارهای هانس برگر آغاز شد. او فعالیت الکتریکی مغز را کشف کرد و الکتروانسفالوگرافی (EEG) را توسعه داد. در سال ۱۹۹۴، برگر برای اولین بار سیگنال های دریافتی مغز انسان را ثبت کرد. با استفاده از تحلیل سیگنال های EEG، برگر موفق شد که فعالیت نوسانی در مغز را مانند موج آلفا که با عنوان موج برگر نیز شناخته می شود شناسایی کند.

کارکرد BCI

سامانه رابط مغز و رایانه سعی دارند نیاز افراد را به روش های معمول انتقال اطلاعات، مانند گفتار یا فشردن صفحه کلید کاهش دهند یا جایگزین آنها شوند. این سامانه ها ارسال پیام از مغز انسان را رمزگشایی ذهن را ممکن می سازند.

نحوه کار BCI

یک دستگاه BCI، مجموعه ایی از قطعات و فنون را برای دریافت نشانگرهای عصبی، پردازش آنها و تولید سیگنال متناسب برای بازخورد به مغز یا ماشین در برمیگیرد. فعالیت مغز سیگنال های الکتریکی تولید می کند و همچنین موجب تغییر در شدت گردش خون می شود. این نشانگرها از روی پوست سر، قشر جمجمه یا درون مغز قابل تشخیص هستند. در مرحله بعد، داده های جکع آوری شده پردازش می شوند و خصوصیات شناختی فرد استخراج می گردد. بر مبنای این داده ها، بازخوردهایی به صورت تصویری، صوتی و مانند آنها به فرد داده می شود.

¹ Transhumanism

² CSNE

³ Brain-Computer Interface

تحریک مغناطیسی و راجمجمه ایی (TMS)

محققین با استفاده از دستگاه TMS^۴ فعالیت قشر پیش پیشانی پشتی جانبی نیمکره سمت راست را بلافاصله پس از یادگیری دو کار مهارت حرکتی و حفظ واژگان مهر کردند و مشاهده شد که به خاطر آوری فهرست واژگان با سهولت بیشتری انجام می شود. در نتیجه فناوری TMS کمک شایان توجهی به بررسی نقش لوپ پیشانی در شکل گیری و تداخل با حافظه ها داشته است.

محققین با استفاده از آزمون n-back که معتبرترین و پراستفاده ترین تست برای ارزیابی حافظه کاری است فهمیدند که سرعت و دقت حافظه در انجام آزمون با استفاده از TMS افزایش می یابد. در تحقیق دیگری که از TMS با فرکانس ۱۰ هرتز بز روی ناحیه ذکرشده بر روی افراد سالم اعمال گردید نیز حاکی از ارتقاء دقت و سرعت در انجام آزمون n-back بود. در یک مطالعه دیگر که بر روی افراد سالم و افراد دچار اسکیزوفرنی انجام گرفت نشان داد که TMS با فرکانس ۱۰ هرتز بر روی قشر پیش پیشانی پشتی -جانبی سرعت و دقت در انجام آزمون n-back را به طور معنی داری افزایش می دهد. از روش های غیرتهاجمی به ویژه TMS برای تحریک مخچه به منظور بررسی قابلیت های شناختی مربوط به آن نیز استفاده می شود. همچنین اینکه تحریک مداوم با فرکانس تنا بر روی قسمت های طرفی مخچه سمت راست برخلاف قسمت های طرفی مخچه سمت راست برخلاف قسمت های داخلی آن نیز حافظه انجمنی را ارتقاء می دهد.

روش کار

مفاهیم عمومی به گفته ایلان ماسک در مورد این پروژه به صورت زیر می باشد:

۱. او می خواهد با دستگاهی به نام بند عصبی مغز را به کامپیوتر متصل کند.
۲. نام شرکتی که این دستگاه را می سازد، نورالینک است.
۳. نظارت پروژه تاکنون توسط رجینا دوگان، رئیس سابق دارپا و گروه فناوری پیسرفته ی گوگل انجام شده است.
۴. تیم در اناق بیلدینگ ۸ که آزمایشگاه تحقیقاتی زاکنبرگ برای پرتاپ فضاپیما به ماه است، کار می کند.
۵. آن ها روی کامپیوتر مغزی گفتار به متن کار می کنند و نیازی نیست آن را وارد بدن کنند. این کامپیوتر از تصویر برداری نوری برای خواندن سیگنال های نورون ها استفاده می کند تا راهی برای تبدیل و ترجمه این سیگنال ها به کد و سپس برگرداندن این کد به کامپیوتر پیدا کند.
۶. اگر این طرح کار کند، ما قادر خواهیم تنها با فکر کردن، بیش از ۱۰۰ واژه تایپ کنیم.

عملکردهایشناختی به عملکردهایی از مغز گفته می شوند که عمدتاً شامل تفکر، ادراک و انواعی از حافظه بوده و از لحاظ تکاملی عمدتاً به دلیل گستردگی قشر مغز در پستانداران و انسان به وجود آمده اند.

مقدمه ایی بر TMS و بررسی مکانیسم های آن

فناوری TMS در سال ۱۹۸۵ معرفی شد و از آن سال به بعد برای مطالعه نواحی مغز که فرایندهای شناختی نقش دارند و همچنین برای درمان اختلالات روانپزشکی و نوروآوژی مورد استفاده قرار گرفت. کاربرد فناوری

تشخیص ساده سیگنال های خاص مغز و تعامل بسیار ساده با اشیاء

کمک به تقویت و یا اصلاح عملکرد تشخیصی یا حسی حرکتی مانند کنترل پروتز.

استفاده از دستگاه های EEG در بازی های رایانه ایی.

استفاده در ارتباطات مانند تشخیص گفتار با استفاده از الگوهای زبانی.

تعامل با دستگاه های محاسباتی توسط مغز.

⁴ Transcranial magnetic stimulation

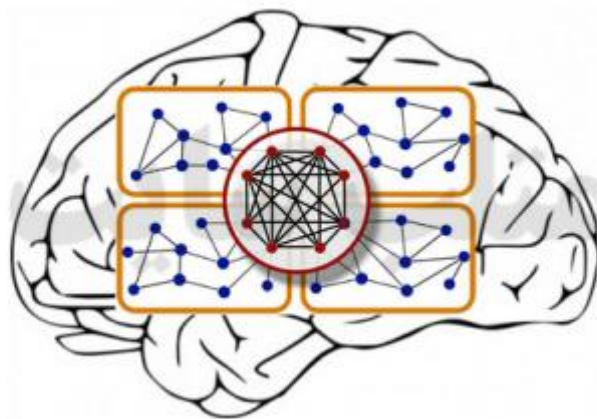
ارائه یک کانال ارتباطی کاملا جدید-به خصوص فناوری های غیر تهاجمی.
به افراد اجازه می دهد تا بدون اعمال حرکات با رایانه ها و دستگاه ها ارتباط برقرار کنند.
تاثیر تقریبا در تمام جنبه های واسط های ماشینی در هر دو زندگی شخصی و حرفه ایی اشخاص.

چالش های فناوری

روش های تهاجمی نیاز به روش های پزشکی پیچیده دارند و ممکن است عوارض جانبی ناخواسته داشته باشند. به عنوان مثال اتصال دائمی با مناطق خاص مغز سخت است زیرا ارتباط ممکن است از بین برود.
EEG غیرتهاجمی هنوز در مراحل اولیه تحقیق قرار دارد.
فعالیت مغزی دائمی است و به همین علت، تفکیک سیگنال های مناسب مشکل است. تکنیک های غیرتهاجمی نیاز به تلاش بیشتری دارند.
مغز فوق العاده پیچیده است (بیش از ۱۰۰ میلیارد نورون) و تجزیه و تحلیل الگوهای مبتنی برسیگنال های الکتریکی واقعا چالش برانگیز بوده، علاوه بر آن بایستس تفاوت فردی نیز ترکیب شوند.
در دراز مدت ممکن است خطرات اخلاقی مانند خواندن و کنترل ذهن وجود داشته باشد.

شبکه عصبی

رابط های مغز و کامپیوتر دو سوویه^۵ که می تواند، سیستم عصبی را تحریک کنند وسیگنال های را ثبت کنند، پیچیده ترین نوع رابط های مغز و کامپیوتر محسوب می شوند. این نوع رابط ها به عنوان رابط ها به عنوان ابزار توان بخشی جدید برای افراد که دچار آسیب مغزی و نخاعی شده اند مورد آزمایش قرار گرفته اند. یافته های جدید نشا می دهد که رابط های مغز و کامپیوتر دوسویه، می توانند برای تقویت ارتباط بین دو مغز و نخاع استفاده شوند یا برای ثبت اطلاعات مربوط به ناحیه آسیب دیده اندام فلج شده به کار روند.



پیدایش شبکه های عصبی مصنوعی

مغز انسان، به اذعان بسیاری از دانشمندان، پیچیده تری سیستمی است که تا کنون در کل گیتی مشاهده شده و مورد مطالعه قرار گرفته است. اما این پیچیده ترین سیستم، نه ابعادی در حد کلهشکشان دارد و نه تعداد اجزای سازنده اش، بیشتر از پردازنده های ابر کامپیوترهای امروزی است. پیچیدگی راز آلود این سیستم بی نظیر، به ارتباط های فراوان موجود میان عناصر آن بر می گردد. چیزی که، مغز ۱۴۰۰ گرمی انسان را، از همه سیستم های دیگر، متمایز می کند.

فرایندهای خودآگاه و ناخودآگاهی که در حدود جغرافیایی بدن انسان رخ می دهند، همگی تحت مدیریت مغز هستند. برخی از این فرایندها آن قدر پیچیده هستند، که هیچ کامپیوتر یا آبر کامپیوتری در جهان، امکان پردازش و انجام آن را ندارد. با این حال، تحقیقات نشان می دهند که واحدهای سازنده مغز انسان، از نظر سرعت عملکرد، حدود یک میلیون بار، کندتر از ترانزیستورهای مورد استفاده در تراشه های سیلیکونی CPU هستند.

سرعت و قدرت پردازش بسیار بالای مغز انسان، به ارتباط های بسیار انبوهی بر می گردد که در میان سلول های سازنده مغز وجود دارد و اساسا، بدون وجود این لینک های ارتباطی، مغز انسان هم به یک سیستم معمول کاهش می یابد، که قطعاً امکانات فعلی را نخواهد داشت.

گذشته از همه این ها، عملکرد عالی مغز در حل انواع مسائل و کارایی بالای آن، شبیه سازی مغز و قابلیت های آن را، به مهم ترین آرمان معماران سخت افزار و نرم افزار تبدیل کرده است. در واقع، اگر روزی فرا برسد (که البته ظاهراً خیلی هم دور نیست)، که ما بتوانیم کامپیوتری در حد و اندازه های مغز انسان را بسازیم، قطعاً یک انقلاب بزرگ در علم، صنعت و البته زندگی انسان ها، رخ خواهد داد.

انواع شبکه های عصبی مصنوعی

انواع مختلفی از مدل های محاسباتی تحت عنوان کلی شبکه های عصبی مصنوعی معرفی شده اند، که هر یک برای دسته ای از کاربردها قابل استفاده اند و در هر کدام، از وجه مشخصی از قابلیت ها و خواص مغز انسان، الهام گرفته شده است.

در همه این مدل ها، یک ساختار ریاضی، که البته به صورت گرافیکی هم قابل نمایش دادن است، در نظر گرفته می شود که یک سری پارامترها و پیچ های تنظیم دارد. این ساختار کلی، توسط یک الگوریتم یادگیری یا تربیت (Training Algorithm) آن قدر تنظیم و بهینه می شود، که بتواند رفتار مناسبی را از خود نشان دهد.

نگاهی به فرایند یادگیری در مغز انسان نیز، نشان می دهد که در واقع ما نیز در مغزمان فرایندی مشابه با این را تجربه می کنیم و همه مهارت ها، دانسته ها و خاطرات ما، در اثر تضعیف یا تقویت ارتباط میان سلول های عصبی مغز شکل می گیرند. این تقویت و تضعیف، در زبان ریاضی خودش را به صورت تنظیم یک پارامتر موسوم به وزن ((Weight مدل سازی و توصیف می شود.

اما طرز نگاه مدل های مختلف شبکه های عصبی مصنوعی کاملاً متفاوت است و هر یک، بخشی از قابلیت های یادگیری و تطبیق مغز انسان را هدف قرار داده و تقلید نموده اند.

کاربردهای شبکه های عصبی مصنوعی

امروز به قدری استفاده از سیستم های هوشمند، به ویژه شبکه عصبی مصنوعی گسترده شده است، که می توان این ابزارها را، در ردیف عملیات پایه ریاضی و به عنوان ابزارهای عمومی و مشترک طبقه بندی کرد. چرا که کمتر رشته دانشگاهی است که نیازی به تحلیل، تصمیم گیری، تخمین، پیش بینی، طراحی و ساخت داشته باشد، و در آن از موضوع شبکه های عصبی استفاده نشده باشد. فهرستی که در ادامه آمده است، یک فهرست نه چندان کامل است، اما گستردگی کاربردهای شبکه های عصبی مصنوعی را، تا حدود زیادی به تصویر می کشد.

کاربرد	زمینه کلی
<ul style="list-style-type: none"> • طبقه بندی اسناد و اطلاعات در شبکه های کامپیوتری و اینترنت • توسعه نرم افزارهای نظارتی و ویروس کش ها 	علوم کامپیوتر

علوم فنی و مهندسی	<ul style="list-style-type: none"> • مهندسی معکوس و مدل سازی سیستم ها • پیش بینی مصرف بار الکتریکی • عیب یابی سیستم های صنعتی و فنی • طراحی انواع سیستم های کنترل • طراحی و بهینه سازی سیستم های فنی و مهندسی • تصمیم گیری بهینه در پروژه های مهندسی
علوم پایه و نجوم	<ul style="list-style-type: none"> • پیش بینی نتایج آزمایش ها • ارزیابی و تخمین صحت فرضیه ها و نظریه ها • مدل سازی پدیده های فیزیکی پیچیده
علوم پزشکی	<ul style="list-style-type: none"> • مدل سازی فرایندهای زیست-پزشکی • تشخیص بیماری ها با توجه به نتایج آزمایش پزشکی و تصویر برداری • پیش بینی نتایج درمان و عمل جراحی • پیاده سازی ادوات و الگوهای درمانی اختصاصی بیمار
علوم تجربی و زیستی	<ul style="list-style-type: none"> • مدل سازی و پیش بینی پدیده های زیستی و محیطی • پیش بینی سری های زمانی با کاربرد در علوم زیست-محیطی • طبقه بندی یافته های ناشی از مشاهدات تجربی • شناسایی الگوهای مخفی و تکرار شونده در طبیعت
علوم اقتصادی و مالی	<ul style="list-style-type: none"> • پیش بینی قیمت سهام و شاخص بورس • طبقه بندی علایم و نمادهای بورس • تحلیل و ارزیابی ریسک • تخصیص سرمایه و اعتبار
علوم اجتماعی و روانشناسی	<ul style="list-style-type: none"> • طبقه بندی و خوشه بندی افراد و گروه ها • مدل سازی و پیش بینی رفتارهای فردی و اجتماعی
هنر و ادبیات	<ul style="list-style-type: none"> • پیش بینی موفقیت و مقبولیت عمومی آثار هنری • استخراج مولفه های اساسی از متون ادبی و آثار هنری • طبقه بندی و کاوش متون ادبی
علوم نظامی	<ul style="list-style-type: none"> • هدف گیری و تعقیب در سلاح های موشکی • پیاده سازی سیستم های دفاعی و پدافند هوشمند • پیش بینی رفتار نیروی مهاجم و دشمن • پیاده سازی حملات و سیستم های دفاعی در جنگ الکترونیک (جنگال)

نتیجه گیری

در این تحقیق مروری کلی بر روی واسط مغز و رایانه و اجزای آن صورت گرفت. واسط مغز و رایانه امکان برقراری ارتباط میان مغز و یک دستگاه خارجی را ایجاد می کند. این واسط ها از بخش های مختلفی از قبیل سیگنال و پردازش سیگنال و دستگاه های خارجی تشکیل شده اند. نحوه کارکرد BCI و مراحل مختلف آن همچنین چالش ها و کاربردهای سیستم اتصال به مغز بررسی شد. سپس به بررسی انواع شبکه های عصبی پرداخته شد. با همه این تفاسیر دانشمندان هنوز در مراحل اولیه این کار بزرگ هستند و نتایج قطعی آن را در آینده ایی نچندان دور مشاهده خواهیم کرد.

منابع و مراجع

- [1] Zommit.com
- [۲] باشگاه خبرنگاران جوان
- [۳] یورونیوز
- [4] S. R. Kheradpisheh, A. Nowzari-Dalini, R. Ebrahimpour, and M. Ganjtabesh, "An Evidence-Based Combining Classifier for Brain Signal Analysis," PLoS One, vol. 9, no. 1, p. e84341, 2014.
- [5] Brumberg JS, Nieto-Castanon A, Kennedy PR, Guenther FH. Brain-computer interfaces for speech communication. *Speech Commun* 2010; 52(4):367-379.
- [6] Halder S, Rea M, Andreoni R, Nijboer F, Hammer E, Kleih S, et al. An auditory oddball brain-computer interface for binary choices. *Clinical Neurophysiology* 2010;121(4):516-23.
- [7] A. Ahangi, M. Karamnejad, N. Mohammadi, R. Ebrahimpour, and N. Bagheri, "Multiple classifier system for EEG signal classification with application to brain-computer interfaces," *Neural Comput. Appl.*, vol. 23, no. 5, pp. 1319-1327, 2013.
- [8] S. R. Kheradpisheh, A. Nowzari-Dalini, R. Ebrahimpour, and M. Ganjtabesh, "An Evidence-Based Combining Classifier for Brain Signal Analysis," PLoS One, vol. 9, no. 1, p. e84341, 2014.
- [9] Dayan E, Censor N, Buch ER, Sandrini M, Cohen LG. Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back. *Nat Neuroscience*. 2013; 16: 838-44.
- [10] Aleman A. Use of repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment in psychiatry. *Clin Psychopharmacol Neurosci*. 2013; 11(2): 53-9.
- [11] Yue J, Zhou Z, Jiang J, Liu Y, Hu D. Balancing a simulated inverted pendulum through motor imagery: An EEGbased real-time control paradigm. *Neuroscience Letters* 2012;524(2):95-100.
- [12] Diekelmann S, Buchel C, Born J, Rasch B. Labile or stable: opposing consequences for memory when reactivated during waking and sleep. *Nat Neurosci*. 2011; 14: 381-6.
- [13] Cohen DA, Robertson EM. Preventing interference between different memory tasks. *Nat Neurosci*. 2011; 14(8): 953-5.
- [14] Esslinger C, Schuler N, Sauer C, Gass D, Mier D, Braun U, et al. Induction and quantification of prefrontal cortical network plasticity using 5 Hz rTMS and fMRI. *Hum Brain Mapp*. 2014; 35(1): 140-51.
- [15] Gaudeau-Bosma C, Moulhier V, Allard AC, Sidhoumi D, Bouaziz N, Braha S, et al. Effect of two weeks of rTMS on brain activity in healthy subjects during an n-back task: A randomized double blind study. *Brain Stimulation*. 2013; 6(4): 569-75.
- [16] Barr MS, Farzan F, Rajji TK, Voineskos AN, Blumberger DM, Arenovich T, et al. Can repetitive magnetic stimulation improve cognition inschizophrenia? Pilot data from a randomized controlled trial. *Biol Psychiatry*. 2013; 73(6): 510-7.
- [17] Guse B, Falkai P, Gruber O, Whalley H, Gibson L, Hasan A, et al. The effect of long-term high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on working memory in schizophrenia and healthy controls – A randomized placebo-controlled, double-blind fMRI study. *Behav Brain Res*. 2013; 237: 300-7.
- [18] Pope PA, Miall RC. Restoring cognitive functions using non-invasive brain stimulation techniques in patients with cerebellar disorders. *Front Psychiatry*. 2014; 5(33): doi: 10.3389/fpsyt.2014.00033
- [19] Argyropoulos GP, Muggleton NG. Effects of Cerebellar Stimulation on Processing Semantic Associations. *Cerebellum*. 2013; 12(1): 83-96.
- [20] prevents implicit learning acquisition in antidepressant-free patients with major depressive disorder. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2013; 43: 146-50