



دانشکده مهندسی کامپیوتر

تشخیص حرکات دست از روی سیگنال‌های مغز

پروژه کارشناسی مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک

زهرا صادقی عدل

استاد راهنما

دکتر محمد طاهر پیلهور

تیر ۱۳۹۸



تأییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پروژه

نام دانشکده: دانشکده مهندسی کامپیوتر

نام دانشجو: زهرا صادقی عدل

عنوان پروژه: تشخیص حرکات دست از روی سیگنال‌های مغز

تاریخ دفاع: تیر ۱۳۹۸

رشته: مهندسی کامپیوتر

گرایش: هوش مصنوعی و رباتیک

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	دکتر محمدطاهر پیلهور	استادیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۲	استاد داور	دکتر صالح اعتمادی	استادیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۳	مدیر گروه هوش مصنوعی	دکتر عادل رحمانی	استادیار	دانشگاه علم و صنعت ایران	
۴	رییس آموزش	دکتر محمدرضا جاهدمطلق	استاد	دانشگاه علم و صنعت ایران	

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب زهرا صادقی عدل به شماره دانشجویی ۹۴۵۲۳۱۸۹ دانشجوی رشته مهندسی کامپیوتر مقطع تحصیلی کارشناسی تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پروژه حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض درخصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذیصلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: زهرا صادقی عدل

تاریخ و امضا:

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ممنوع است.

استاد راهنما: دکتر محمدطاهر پيله‌ور

تاریخ:

امضا:

چکیده

از اختراع اولین کامپیوتر تا کنون، انسان‌ها در حوزه‌های مختلفی از آن‌ها برای ساده‌سازی و حتی گاهی امکان‌پذیر شدن امور استفاده کرده‌اند. اگرچه در ابتدا کامپیوترها صرفاً ابزاری برای کمک به انسان بودند، اما این نقش ساده هرگز کافی نبود، ایده هوشمند سازی کامپیوترها، توانایی فهمیدن، درک کردن و یادگیری آن‌ها به سرعت مطرح شد. طراحی سیستمی که همچون انسان بتواند بیاموزد تبدیل به اولین انگیزه برای علمی شد که ما آن را به عنوان یادگیری ماشین می‌شناسیم.

یادگیری ماشین باتوجه به جذابیت و اهمیت در حوزه‌های مختلف در طول چند دهه پیشرفت چشمگیری داشته است و در حوزه‌های مختلفی به کار رفته است. از مهمترین این حوزه‌ها، حوزه پزشکی است. امروزه به کمک روش‌های مختلف یادگیری ماشین متخصصان حوزه پزشکی قادر به انجام اموری هستند که تا کنون ناممکن می‌نمود. از جمله این امور کنترل اعضای مصنوعی توسط بیمار، با استفاده از تحلیل و شناسایی سیگنال‌های مغزی است.

انتخاب یک روش برای این منظور با توجه به گستردگی روش‌های یادگیری ماشین امری چالش‌برانگیز است. در این پروژه توانستیم با در دست داشتن سیگنال‌های مغزی برچسب دار نشان دهیم که روش‌های یادگیری عمیق دقت بالاتری نسبت به روش‌های کلاسیک یادگیری ماشین در طبقه‌بندی و تشخیص ۶ حرکت دست از روی داده‌های دنباله زمانی مغز دارند.

واژگان کلیدی: یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، تحلیل سیگنال‌های مغزی

فهرست مطالب

چ	فهرست تصاویر
ح	فهرست جداول
۱	فصل ۱: مقدمه
۱	۱-۱ شرح مسئله
۲	۱-۲ معرفی حوزه پروژه
۲	۱-۲-۱ یادگیری ماشین
۳	۱-۲-۲ وظایف اصلی در یادگیری
۴	۱-۳ ساختار گزارش
۵	فصل ۲: مروری بر کارهای مرتبط
۵	۲-۱ استفاده از یادگیری عمیق برای پیدا کردن نویز در نوارهای مغزی
۷	۲-۲ طبقه بندی اجسام بصری از روی نوار مغزی
۸	فصل ۳: روش های حل مسئله
۸	۳-۱ شرح صورت مسئله
۹	۳-۲ داده و اطلاعات
۹	۳-۲-۱ ثبت فعالیت الکتریکی مغز (نوار مغزی)
۱۱	۳-۲-۲ نحوه جمع آوری مجموعه داده
۱۱	۳-۲-۳ مشخصات مجموعه داده
۱۲	۳-۳ الگوریتم های پیشنهادی

۱-۳-۳ الگوریتم‌های کلاسیک یادگیری ماشین ۱۳

۲-۳-۳ الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق ۱۶

فصل ۴: نتایج و کارهای آینده ۲۱

۴-۱ نتایج ۲۱

۴-۲ تحلیل و نتیجه‌گیری نهایی ۲۲

۴-۳ کارهای آینده ۲۲

مراجع ۲۴

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۲۶

فهرست تصاویر

- ۲-۱ راهکار ارائه شده برای شناسایی اشکال متحرک ۷
- ۳-۱ ۳۲ کانال مغز که در نوار مغزی ثبت میشوند. ۱۰
- ۳-۲ الکترودها و ثبت سیگنال‌های مغزی ۱۱
- ۳-۳ سیگنال‌های مغز فرد شماره ۱ در آزمایش سری اول برای ۲ کانال. ۱۲
- ۳-۴ یک طبقه بندی دو بعدی که توسط ماشین بردار پشتیبان انجام شده است. ۱۴
- ۳-۵ یک طبقه بندی انجام شده به روش رگرسیون منطقی ۱۵
- ۳-۶ تفاوت یک شبکه عصبی تک لایه و یک شبکه عصبی عمیق ۱۶
- ۳-۷ یک شبکه پیچشی عمیق ۱۷
- ۳-۸ معماری دو شبکه پیچشی پیشنهاد شده تک لایه و دولایه ۱۸
- ۳-۹ شبکه عصبی بازگشتی ۱۹
- ۳-۱۰ تفاوت دو شبکه بازگشتی و شبکه با حافظه بلند و کوتاه مدت ۲۰
- ۳-۱۱ یک شبکه با حافظه بلند و کوتاه مدت ۲۰

فهرست جداول

۴-۱	نتایج بدست آمده از روش های مختلف	۲۱
-----	----------------------------------	----

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ شرح مسئله

علم پزشکی قرن‌ها به دنبال بهبود وضع زندگی انسان‌ها بوده است. اگرچه شعار آنها همواره ”پیشگیری بهتر از درمان است” بوده، اما بخش عظیمی از تلاش خستگی‌ناپذیر پزشکان و متخصصان این حوزه پیدا کردن روش‌های بهینه و عملی برای درمان و بهبود بیماری بوده است..

نقص عضو و روش‌های درمانی آن سال‌ها و حتی قرن‌هاست که مورد توجه پزشکان بوده است. از دست دادن عضوی از بدن، مانند یک دست، میتواند زندگی را برای فرد بسیار دشوار سازد. از ابتدایی‌ترین راهکارها برای بهبود اوضاع این بیماران، استفاده از اعضای مصنوعی بوده است. اگرچه تا حدی موثر واقع شد اما همواره این ایده که بیمار بتواند همچون یک عضو عادی آن را کنترل کند دغدغه متخصصان بوده است. آنها دریافته‌اند که کنترل اعضای بدن به عهده مغز است، با تولید سیگنال‌های خاص، مغز به اعضا دستور می‌دهد تا اعمال مشخصی را انجام دهند. اما آیا میتوان با این سیگنال‌ها اعضای مصنوعی را نیز کنترل کرد؟ تا قرن پیش پاسخ این سوال به طور قطع منفی بود.

پیشرفت چشمگیر علوم کامپیوتر یا به طور دقیق‌تر هوش مصنوعی، در چن دهه‌ی اخیر بسیاری از امور ناممکن را امکان‌پذیر ساخت. امروزه به کمک کامپیوترها میتوانیم سیگنال‌های مغز را دریافت کنیم، آنها را تحلیل کنیم و در نهایت با کمک آنها اعضای مصنوعی را تحت کنترل بیمار درآوریم. در این پروژه هدف ما مرحله دوم، یعنی تحلیل سیگنال‌های مغزی با حداکثر دقت است.

برای تحلیل و در حقیقت کدگشایی این سیگنالها روش‌های مختلفی وجود دارد. این سیگنال‌ها به کمک روش‌های مختلف یادگیری ماشین شناسایی میشوند. در این پروژه با کمک روش‌های کلاسیک یادگیری ماشین و روش‌های یادگیری عمیق، به حل این مسئله می‌پردازیم و نتیجه این روش‌ها را مقایسه خواهیم کرد.

۲-۱ معرفی حوزه پروژه

انتخاب یک روش یادگیری از میان روش‌های مختلف یادگیری ماشین، جدای از مسئله یادگیری، خود یک موضوع مهم است. امروزه انواع مختلفی از روش‌های یادگیری پیشنهاد شده‌اند که هر یک بر داده‌ها و وظایف خاصی به خوبی عمل میکنند. در این پروژه قصد داریم تا با مقایسه روش‌های یادگیری کلاسیک و یادگیری عمیق، بهترین و دقیقترین روش را برای کلاس‌بندی داده‌های دنباله زمانی سیگنال‌های مغز پیدا کنیم. [۷]

۱-۲-۱ یادگیری ماشین

یادگیری ماشین یکی از زیرشاخه‌های پرکاربرد و گسترده هوش مصنوعی است که به کشف روش‌ها و الگوریتم‌هایی می‌پردازد که با کمک آنها کامپیوترها توانایی یادگیری پیدا خواهند کرد. هدف کلی یادگیری ماشین این است که یک سیستم با دریافت داده‌های بیشتر به تدریج کارایی بهتری در انجام وظیفه خود پیدا کند. همانطور که گفته شد روش‌های مختلفی برای یادگیری ماشین وجود دارد. اگرچه روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق به سرعت در حال گسترش‌اند، روش‌های کلاسیک یادگیری ماشین همچنان جایگاه پراهمیتی دارند. در این پروژه قصد داریم تا روش‌های مختلف یادگیری کلاسیک از جمله رگرسیون منطقی و بردار ماشین پشتیبان را با روش‌های یادگیری عمیق مقایسه کنیم. یادگیری ماشین از جهات مختلفی دسته‌بندی می‌شود. اگر از نگاه برجسب دار بودن یا نبودن داده ورودی آن را طبقه‌بندی کنیم به دو دسته یادگیری با ناظر و بدون ناظر تقسیم میشود که در ادامه این دو را بررسی خواهیم کرد. [۶]

الف) یادگیری ماشین با نظارت

در یادگیری با نظارت سیستم با دریافت یک زوج ورودی و خروجی تلاش میکند تا تابع ورودی به خروجی را یاد بگیرد. بنابراین برجسب گذاری داده‌ها توسط انسان یکی از چالش‌های این روش است. در این روش هدف این است که الگوریتم هر بار با مقایسه پاسخ خود با پاسخ صحیح خطا را شناسایی کرده و برای ورودی‌های

بعدی آموزش ببیند. از جمله روش‌های با ناظر میتوان به درخت تصمیم، رگرسیون منطقی و کا همسایه نزدیک اشاره کرد. [۱۲]

ب) یادگیری ماشین بدون ناظر

در یادگیری بدون ناظر ورودی بدون هیچ‌ی برچسبی موجود است، به عبارتی سیستم باید یادگیری را برای یافتن الگوهای پنهان این داده‌ها انجام دهد. سیستم در این روش ویژگی‌های مختلف را شناسایی کرده و بر اساس آن به دسته‌بندی می‌پردازد. از آنجا که حجم بسیار زیادی از اطلاعات موجود بدون برچسب هستند این نوع یادگیری اهمیت بسیاری دارد. [۱۰]

۱-۲-۲ وظایف اصلی در یادگیری

همانطور که گفته شد انسان‌ها برای آسانتر شدن امور و گاهی امکانپذیر ساختنشان به کامپیوترها نیاز دارند. این امور در دسته‌های مختلفی طبقه‌بندی میشوند و در طول زمان برای هر دسته الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی ارائه شده است.

به طور کلی وظایف مختلفی برای یادگیری در نظر گرفته میشود که در ادامه به دو مورد مهم آن می‌پردازیم:

الف) دسته‌بندی^۱

دسته‌بندی جزو روش‌های یادگیری با ناظر می‌باشد در این روش سیستم یادگیرنده از طریق مجموعه داده‌های آموزشی سعی در پیش‌بینی داده‌های جدید دارد. درواقع یادگیری براساس داده‌های آموزشی انجام می‌شود و با داده‌های تستی سیستم ارزیابی می‌گردد. ازجمله روش‌های آن درخت تصمیم و ماشین برداز پشتیبان می‌باشد. در این حالت مجموعه جواب گسسته می‌باشد. وظیفه این پروژه دسته‌بندی اطلاعات است. [۱۵]

ب) خوشه‌بندی^۲

خوشه‌بندی اطلاعات یکی از وظایف در حوزه یادگیری بدون ناظر می‌باشد، در این روش ما به دنبال یادگیری الگوهای پنهان هستیم. در واقع مجموعه آموزشی یا تست برچسب دار نداریم و از طریق ویژگی‌های مجموعه داده‌ها به دنبال الگوهای پنهان در اطلاعات می‌گردیم. [۱۸]

^۱ Classification

^۲ Clustering

۳-۱ ساختار گزارش

(۱) فصل اول (مقدمه)

در این فصل مسئله پیش رو شرح داده شد و یادگیری ماشین و انواع الگوریتم‌های آن به طور خلاصه بیان شده است. همچنین روند کاری گزارش نیز در این فصل مشخص شده و مقدمه‌ای برای فصل‌های بعدی بیان شده است.

(۲) فصل دوم (مروری بر کارهای مرتبط)

در این فصل به مرور کارهای انجام شده در زمینه حوزه پزشکی بر روی سیگنال‌های مغزی استفاده از یادگیری ماشین خواهیم پرداخت.

(۳) فصل سوم (روش‌های حل مسئله)

در این فصل به پس از بررسی مسئله ابتدا به مجموعه داده پرو نحوه جمع‌آوری آن پرداخته می‌شود. پس انواع روش‌های پیشنهادی، کلاسیک و عمیق، را به طور کامل شرح خواهیم داد.

(۴) فصل چهارم (نتایج و کارهای آینده)

در فصل آخر، پس از بررسی نتایج و روش‌های مطرح شده در مرحله قبل، به نتیجه‌گیری و تحلیل نتایج می‌پردازیم. سپس به کارهای آینده خواهیم پرداخت.

فصل ۲

مروری بر کارهای مرتبط

در چند دهه‌ی گذشته یادگیری عمیق در حوزه پزشکی به شدت مورد استقبال قرار گرفته است، به طوریکه در بخش‌ها و نقش‌های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجا که مغز مرکز تمام فعالیت‌های اختیاری و بدون اختیار است و به نوعی الگوی اصلی یادگیری ماشین، مغز انسان است، همواره مورد توجه بوده است. نوار مغزی یا همان ثبت فعالیت‌های الکتریکی مغز از مهمترین و قدیمی‌ترین اطلاعات در دسترس از مغز و ساز و کار درونی‌اش است.

مقالات و تحقیقات بسیاری بر روی نوار مغزی صورت گرفته است، در این بخش به بررسی این کارهای مشابه می‌پردازیم تا با روش‌های مختلف تحلیل این داده‌ها و نیز مسائل مطرح شده برای این داده‌ها آشنا شویم.

۱-۲ استفاده از یادگیری عمیق برای پیدا کردن نویز در نوارهای مغزی

امواج مغزی بدست آمده توسط ضبط الکتروانسفالوگرام از بخش‌های مهم پژوهش در پزشکی و سلامت است. با توجه به ماهیت سیگنال‌های نوار مغزی، صداها و مصنوعات می‌توانند آن را آلوده کنند، که منجر به سوء تفاهم جدی در تجزیه و تحلیل سیگنال مغزی توسط متخصصان می‌شود. این خرابی‌ها به عنوان سیگنال‌های مصنوعی^۱ اشاره می‌شود که سبب خرابی‌های ثبت فعالیت مغز است. علاوه بر این، سیگنال‌های مصنوعی می‌توانند باعث خرابی‌های قابل توجهی از اندازه‌گیری‌های نوار مغزی شوند که عملکرد بالینی سیگنال‌های

^۱ Artifacts

فصل ۲. مروری بر کارهای مرتبط ۱-۲. استفاده از یادگیری عمیق برای پیدا کردن نویز در نوارهای مغزی

مغزی را کاهش می دهد. بنابراین، دستکاری مصنوعی یکی از محورهای تحلیل سیگنال نوار مغزی است. این مقاله، به بررسی الگوریتم های یادگیری ماشین را که در تشخیص این مصنوعات کاربرد دارند میپردازد، مانند شناسایی و حذف مصنوعات. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل این روش ها براساس عملکرد آنها گزارش شده است.

در این مقاله چندین مرحله برای حل پیشنهاد شده است. که در ادامه بررسی میکنیم:

(۱) رگرسیون^۲

(۲) تجزیه و تحلیل مولفه اصلی^۳

(۳) تجزیه و تحلیل جزء مستقل^۴

(۴) جدا کردن نویز از امواج^۵

(۵) فیلتر کردن^۶

(۶) تجزیه حالت تجربی^۷

روش مبتنی بر رگرسیون، رویکرد سنتی تصحیح مصنوعات چشمی است که فاکتورهای انتشار یا ضرایب انتقال را برای تعیین همبستگی بین يك يا چند کانال الکتروکولوگراف و هر کانال نوار مغزی محاسبه می کند. در حوزه زمان یا فرکانس، بخشهای الکتروکولوگراف را که در سیگنال مغزی دخیل هستند حذف می کند. مشکل با رگرسیون تجزیه و تحلیل این است که نه تنها آثار چشم را کاهش می دهد، بلکه ممکن است فعالیت مغزی مهم را نیز حذف کند. همچنین به کانال مرجع الکتروکولوگراف برای حذف مصنوعی نیاز دارد و برای تعیین ضریب انتقال بین کانال های الکتروکولوگراف و نوار مغزی نیازمند یک دنباله کالیبراسیون است. حذف نویز عضلانی به روش رگرسیون به تنهایی روشی غیر عملی است زیرا برای چندین گروه عضلانی نیاز به مرجع چندگانه دارد. بنابراین مراحل بعدی لازم است. [۱۶]

^۲regression

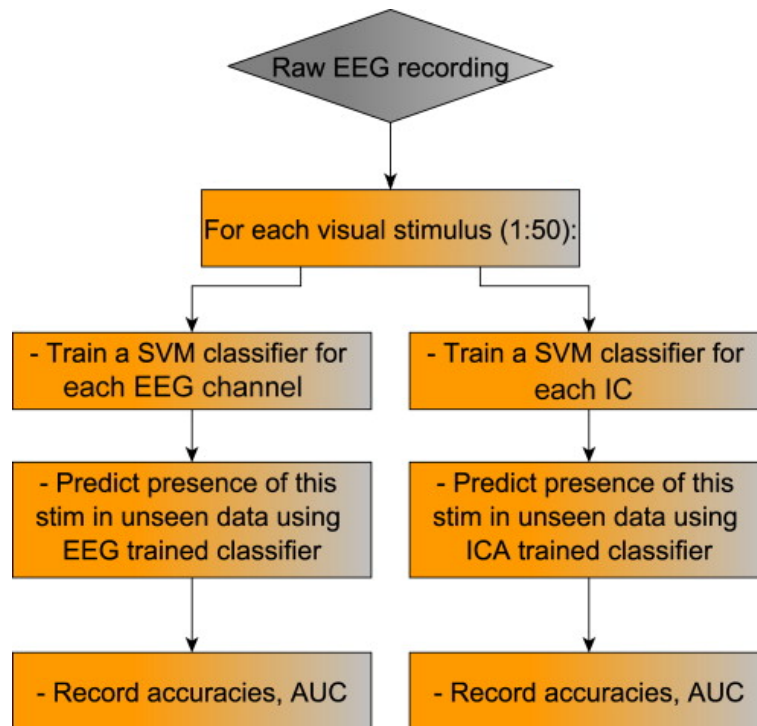
^۳principal component analysis (PCA)

^۴independent component analysis

^۵wavelet denoising

^۶filtering

^۷empirical mode decomposition



شکل ۲-۱: راهکار ارائه شده برای شناسایی اشکال متحرک

۲-۲ طبقه بندی اجسام بصری از روی نوار مغزی

ارائه اجسام متحرک های مختلف بصری می تواند تغییرات قابل توجهی در سیگنال های مغزی ایجاد کند، اما این معمولا تنها پس از جمع آوردی بسیاری از آزمایشات و شرکت کنندگان، مشاهده می شود. این مقاله نتایج حاصل از یک آزمایش ساده تشخیص چهره ساده را ارائه می دهد که در آن با کمک پردازش مستقل داده ها و طبقه بندی با کمک یادگیری ماشین قادر بودند که محتویات محرک های بصری را در حدود ۸۷ درصد داده ها را تفکیک دهد. در این آزمایش نوار مغزی هفت فرد، در حال دیدن یک سری از محرک های بصری روزمره ثبت شده است. هدف پروژه این بوده است که مشخص شود هر کدام از اشیا را به عنوان آشنا شناسایی میکنند یا خیر. داده های نوار مغزی به عنوان یک زیرمجموعه اولیه شی برای مدل ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است که پس از آن بتواند سایر اطلاعات دیده نشده را طبقه بندی کند. دقت طبقه بندی می تواند یک معیار برای ارزیابی این هدف باشد. [۴]

در شکل ۲-۱ مراحل مختلف این روش بیان شده است.

فصل ۳

روش‌های حل مسئله

در این فصل ابتدا مسئله و داده را شرح خواهیم داد، سپس به بررسی روش‌های مختلف کلاسیک و یادگیری عمیق برای حل این مسئله می‌پردازیم.

۱-۳ شرح صورت مسئله

به صبح امروز فکر کنید : قطع کردن زنگ ساعت، لباس پوشیدن ، مسواک زدن دندان‌هایتان، درست کردن قهوه، نوشیدن قهوه ، و قفل کردن در به هنگام خروج از منزل برای رفتن به محل کار. حال تصور کنید که تمام این کارها را بدون استفاده از دستان خود انجام دهید .

بیمارانی که به علت آمپوتاسیون و یا اختلال عصبی عملکرد دست خود را از دست داده‌اند هر روز با این واقعیت از خواب بیدار می‌شوند . بازیابی توانایی بیمار برای انجام این فعالیت‌های پایه زندگی روزمره با یک دستگاه مصنوعی مغز – رایانه ^۱ به شدت باعث افزایش استقلال و کیفیت زندگی آن‌ها می‌شود . در حال حاضر هیچ گزینه‌ی واقع گرایانه، مقرون به صرفه و یا کم خطر برای بیماران مبتلا به بیماری‌های عصبی برای کنترل مستقیم اعضای مصنوعی بیرونی با استفاده از فعالیت مغز بیمار وجود ندارد .

سیگنال‌های ثبت فعالیت الکتریکی مغز یا همان نواز مغزی ^۲ ضبط شده از پوست سر انسان فعالیت مغز را ثبت میکنند. ارتباط بین فعالیت مغز و نوار مغزی پیچیده و معولا غیرقابل فهم در خارج از آزمون‌های آزمایشگاهی

^۱ BCI

^۲ EEG

خاص است. فراهم کردن سیستم‌های مغز-رایانه ارزان، کم‌هزینه و غیر تهاجمی به پیشرفت‌های بیشتری در تفسیر سیگنال‌های مغزی وابسته است.

این پروژه شما را به چالش میکشد تا با استفاده از نوار مغزی ای که از افراد سالم به هنگام انجام این فعالیت‌های در دست گرفتن یک شیء، بالا بردن و جابه‌جا کردن، گرفته شده است، این فعالیت‌ها را شناسایی کنید. درک بهتر ارتباط بین سیگنال‌های مختلف مغز و حرکات دست برای توسعه یک دستگاه مغز-رایانه که بیماران مبتلا به اختلالات عصبی را قادر می‌سازد که با استقلال بیشتر در جهان حرکت کنند، ضروری است. [۱]

توضیحات بالا مربوط به یک مسابقه در سایت کگل^۳ با نام “تشخیص گرفتن-و-بلند کردن از روی نوار مغزی”^۴ است. در این مسابقه با قرار دادن اطلاعات الکتریکی سیگنال مغزی از شرکت کنندگان خواسته شده بود تا بهترین کلاس‌بندی را برای این مجموعه داده طراحی کنند. در ادامه به بررسی نوع داده و روش‌های پیشنهادی برای حل آن می‌پردازیم تا دریابیم بهترین روش برای کلاس‌بندی این نوع داده مبتنی بر زمان، یک روش کلاسیک یادگیری است یا یک روش مبتنی بر یادگیری عمیق.

۳-۲ داده و اطلاعات

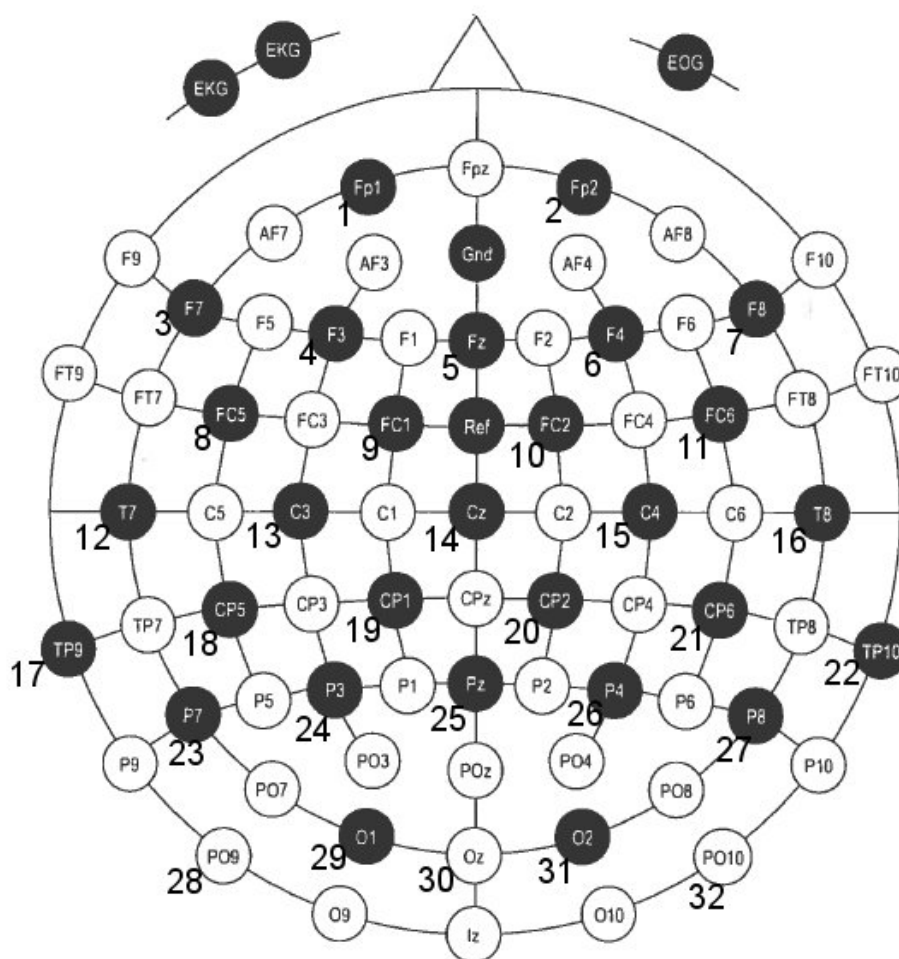
اطلاعات موجود در سایت کگل شامل نوار مغزی برای ۱۲ فرد برای ۸ سری آزمایش برداشت و جابجایی یک جسم است. این اطلاعات که به صورت داده‌های الکتریکی مغز هستند، در دو فایل داده و برچسب موجود اند. بنابراین این پروژه، یک یادگیری با ناظر خواهد بود. در ادامه این بخش به توضیح نوار مغزی و نحوه جمع‌آوری آن برای این مجموعه داده می‌پردازیم.

۳-۲-۱ ثبت فعالیت الکتریکی مغز (نوار مغزی)

نوار مغزی یا ثبت فعالیت الکتریکی مغز، شامل اخذ سیگنال توسط الکترودهای سطحی، بهبود سیگنال (معمولاً با تقویت آن و حذف نویزها)، چاپ سیگنال و آنالیز آن می‌شود. ماشین‌های ثبت نوار مغزی بالینی، معمولاً شامل ۱۶، ۳۲ یا ۶۴ کانال است. به صورت معمول ۲۰ الکترود روی سر بیمار قرار می‌گیرد که پتانسیل حیاتی مذکور را به پیش تقویت‌کننده می‌رساند. معمولاً با استفاده از یک سیگنال کالیبراسیون پالسی، سیستم کالیبره می‌شود.

^۳ kaggle.com

^۴ Grasp-and-Lift EEG Detection



شکل ۱-۳: ۳۲ کانال مغز که در نوار مغزی ثبت میشوند.

سیگنال‌های دریافت شده، تقویت و حذف نویز می‌شود. سیگنال‌ها را می‌توان به همین شکل ثبت کرد یا جهت انجام پردازش‌های بیشتر مانند محاسبه طیف فرکانسی سیگنال و طبقه‌بندی و اعمال الگوریتم‌های تشخیصی، به دیجیتال تبدیل و وارد کامپیوتر کرد.^۵ برای این مجموعه داده نوار مغزی با ۳۲ کانال وجود استفاده شده است. شکل ۱-۳ جای هر یک از این کانال‌ها بر روی مغز را نمایش می‌دهد. [۱۳]



شکل ۳-۲: الکترودها و ثبت سیگنال‌های مغزی

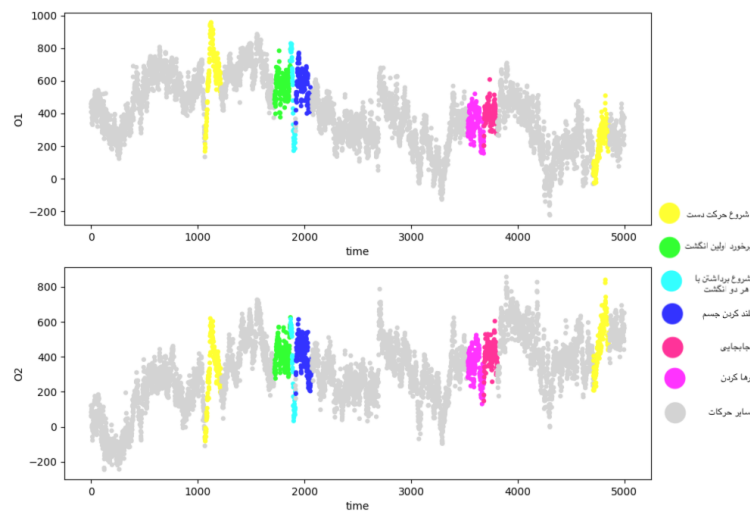
۳-۲-۲ نحوه جمع‌آوری مجموعه داده

برای جمع‌آوری این مجموعه داده از ۱۲ فرد خواسته شده است تا در ۸ سری مراحل خواسته شده را به ترتیب برای برداشتن و جابجا کردن یک جسم با کمک یک دست انجام دهند. در طول انجام مراحل خواسته شده، از هریک نوار مغزی گرفته شده و تمامی ۶ حرکت گفته شده همراه با نوار مغزی به عنوان برچسب هر لحظه ثبت شده است. این ۶ مرحله به صورت زیر است:

۱. شروع حرکت دست: در این مرحله فرد حرکت دست را به قصد گرفتن جسم آغاز میکند.
۲. برخورد اولین انگشت: در این مرحله اولین انگشت فرد با جسمی که باید جابجا شود برخورد میکند.
۳. شروع برداشتن با هر دو انگشت: در این مرحله هر دو انگشت برخورد کرده و آماده حرکت میشوند.
۴. بلند کردن جسم: در این مرحله فرد جسم را به منظور جابجایی بلند میکند.
۵. جابجایی: در این مرحله جابجایی صورت میگیرد.
۶. رها کردن: در این مرحله پس از جابجا کردن جسم، فرد آن را رها میکند.

۳-۲-۳ مشخصات مجموعه داده

مجموعه داده برای این پروژه شامل نوار مغزی از ۱۲ فرد مختلف در ۸ سری در زمان‌های مختلف است. در هر سری از این آزمایشات فرد مراحل زیر را طی میکند و سیگنال‌های الکتریکی مغز او ثبت میشود، بنابراین



شکل ۳-۳: سیگنال‌های مغز فرد شماره ۱ در آزمایش سری اول برای ۲ کانال.

هر فایل داده برای هر یک از این ۸ سری شامل مقدار هر یک از ۳۲ کانال مغز در هر لحظه است. از طرفی برچسب این داده‌ها در فایل‌های دیگر به صورت بردار ۶ تایی از حرکت دست است. هر بعد این بردار بیانگر یکی از این ۶ حرکت است و ۱ بودن هر کدام به معنی انجام آن کار در این لحظه است. در شکل ۳-۳ نمودار زمان ولتاژ را برای ۲ کانال از ۳۲ کانال یکی از افراد در یک سری مشاهده می‌کنید.

۳-۳ الگوریتم‌های پیشنهادی

همانطور که گفته شد، روش‌های بسیاری برای حل این مسئله وجود دارد. در این پروژه قصد داریم تا با انجام روش‌های مختلف سنتی یادگیری ماشین و روش‌های یادگیری عمیق بهترین و کارآمدترین روش را پیدا کنیم. به این منظور روش‌های یادگیری سنتی و عمیق را انتخاب کرده و از هر کدام چندین رپش را پیاده سازی کردیم تا بین این روش‌ها مقایسه‌ای انجام دهیم و بهترین روش را پیدا کنیم. الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده برای این مسئله به شرح زیراند:

الف) الگوریتم‌های سنتی یادگیری ماشین

– ماشین بردار پشتیبان

– رگرسیون منطقی

ب) الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق

– شبکه عصبی کانولوشن تک لایه

– شبکه عصبی کانولوشن چند لایه

– شبکه عصبی با حافظه بلند- کوتاه مدت تک لایه

– شبکه عصبی با حافظه بلند- کوتاه مدت چند لایه

در ادامه به بررسی هرکدام از این روش‌ها می‌پردازیم و ابتدا هر روش را توضیح می‌دهیم سپس نحوه پیاده سازی هرکدام برای این مسئله را شرح خواهیم داد.

۳-۳-۱ الگوریتم‌های کلاسیک یادگیری ماشین

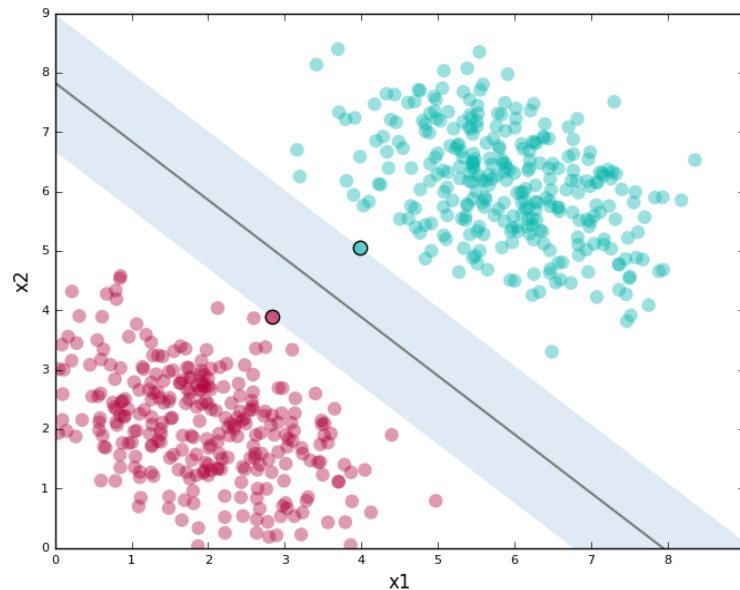
با گسترش علم کامپیوتر در دهه فلان ایده هوشمندسازی کامپیوترها ذهن بسیاری از دانشمندان این حوزه را به خود مشغول کرد. انتقال اطلاعات و برنامه نویسی برای هر نیازی با وجود مزایای بسیار، نیازمند نیروی انسانی و متخصص زیادی بود. بنابراین یادگیری ماشین، تبدیل به یک نیاز اساسی شد. با توجه به گستردگی این حوزه، روش‌های متعددی برای یادگیری ارائه شد که هریک نتایج چشمگیری داشتند. امروزه اگرچه شبکه‌های عصبی و بخصوص شبکه‌ای عصبی عمیق بسیار کارآمد عمل میکنند اما همچنان در برخی امور نیاز به الگوریتم‌های کلاسیک وجود دارد. [۳]

در این پروژه قصد داریم تا مقایسه ای بین این روش‌های کلاسیک با روش‌های یادگیری عمیق انجام دهیم و عملکرد این دو را روی طبقه بندی داده‌های نوار مغزی بررسی کنیم. برای مقایسه دو روش کلاسیک ماشین بردار پشتیبان و رگرسیون منطقی را انتخاب کرده ایم که در ادامه به توضیح هریک می‌پردازیم. [۶]

۱. ماشین بردار پشتیبان^۶:

یکی از الگوریتم‌های پرکاربرد در طبقه‌بندی داده‌ها ماشین بردار پشتیبان است. هدف این الگوریتم پیدا کردن بهترین مرز میان داده‌ها در فضای n بعدی است، به طوریکه میان دسته‌های مختلف حداکثر فاصله ممکن به وجود آید. [۵] روش کار ماشین بردار پشتیبان به این صورت است که ابتدا با توجه به داده‌های ورودی تمامی داده‌ها را به یک فضای دیگر تبدیل میکند به صورتی که تفکیک پذیر شود.

^۶ Support vector machine (SVM)



شکل ۳-۴: یک طبقه بندی دو بعدی که توسط ماشین بردار پشتیبان انجام شده است.

سپس مرز میان دسته‌ها را با شرط بیشترین فاصله میان هر دو دسته پیدا میکند. پس از ساخت مدل و مشخص کردن مرز میان داده‌ها، میتوان داده‌های تست را در این فضا پیشبینی کرد. یادگیری و ساخت این مدل ساده است و برخلاف شبکه‌های عصبی در ماکسیمم محلی گیر نمیکند.

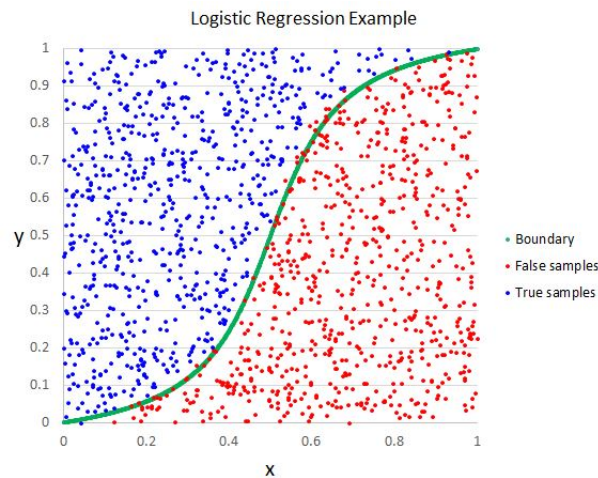
– نحوه استفاده از این الگوریتم در این مسئله:

در این پروژه با استفاده از یک مدل ماشین بردار پشتیبان مسئله برای پیاده سازی این الگوریتم از زبان پایتون و از کتابخانه آماده scikit-learn استفاده کردیم. همانطور که گفته شد این روش برخلاف روش‌های یادگیری عمیق راحتتر و ساده‌تر است. برای پیاده سازی ابتدا داده آموزشی را خوانده و با نسبت ۲۰ درصد به دو دسته داده آموزشی و داده تست تبدیل کردیم. سپس داده آموزشی را همراه با برچسبش به عنوان ورودی مدل ماشین بردار پشتیبان دادیم. [۱۷]

۲. رگرسیون منطقی^۷:

در بسیاری از مسائل، متغیرها اثرات متقابل روی یکدیگر دارند. روشهای پیشین برای تعیین مدل‌های پیش‌بینی از جمله روشهای رگرسیونی و درختهای تصمیم، قابلیت تشخیص و لحاظ کردن چنین اثراتی را ندارند و اثرات متقابل بین متغیرها در صورت شناسایی و لحاظ کردن در مدل، به دلیل پیچیدگی،

^۷Logistic Regression

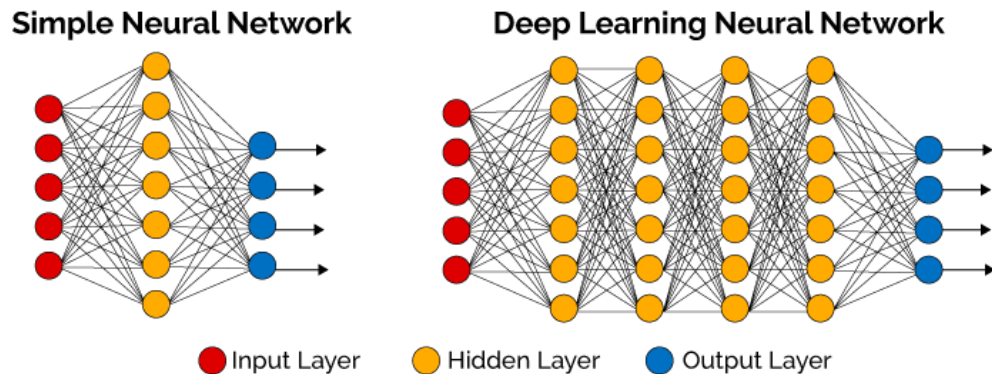


شکل ۳-۵: یک طبقه‌بندی انجام شده به روش رگرسیون منطقی

نهایتاً از دوطرفه و سه طرفه تجاوز نمی‌کند. در تجزیه و تحلیل داده‌ها بخصوص یادگیری با نظارت، روش رگرسیون منطقی نقش مهمی دارد. این روش، براساس مقادیر کیفی برای متغیر پاسخ عمل می‌کند و قادر است مشاهدات را به کمک مدلی که براساس رابطه بین متغیرهای مستقل (با مقادیر کمی یا کیفی) و متغیر پاسخ (با مقادیر کیفی) می‌سازد، به دو یا چند گروه طبقه‌بندی کند. رگرسیون منطقی یک روش تعمیم یافته و جدید است که در آن متغیرهای پیشگو به صورت ترکیبات بولی از متغیرهای دو حالتی ساخته می‌شود. برای یافتن چنین ترکیباتی در فضای حالت‌های ممکن و همچنین برآورد پارامترهای مربوط به این ترکیبات از الگوریتم جستجوی Annealing استفاده می‌شود. آزمونهای تصادفی سازی برای تایید وجود ارتباط بین داده‌ها بکار می‌رود. به منظور اجتناب از بیش برآورد شدن، تعداد بهینه ترکیبات منطقی و متغیرهای مدل به روش اعتبار متقاطع تعیین می‌گردد.

– نحوه استفاده از این الگوریتم در این مسئله:

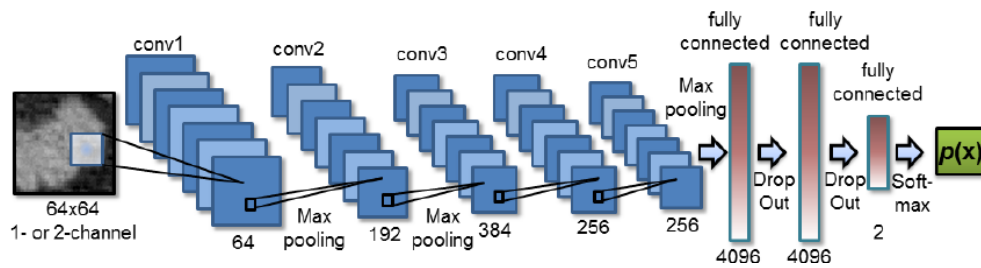
در این پروژه برای طبقه‌بندی حرکات دست از روی نوار مغزی از این روش استفاده کردیم. پیاده سازی این روش در زبان پایتون مشابه ماشین بردار پشتیبان است، اطلاعات ابتدا به دو بخش آموزشی و تست تبدیل می‌شوند، سپس داده آموزشی همراه با برجسبش به مدل داده می‌شود. مدل برای تک تک کلاسها آموزش می‌بیند و نتیجه را برای داده تست نمایش می‌دهد. [۸]



شکل ۳-۶: تفاوت یک شبکه عصبی تک لایه و یک شبکه عصبی عمیق

۳-۳-۲ الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق

برای درک صحیح شبکه عصبی عمیق ابتدا باید شبکه عصبی را معرفی کنیم. الگوریتم شبکه عصبی، فرایندی الهام گرفته شده از شبکه عصبی زیستی است که برای پردازش اطلاعات استفاده می‌شود. این الگوریتم برای پردازش داده‌ها از یک فضای شبکه‌ای شامل تعداد زیادی واحد کوچک به نام نورون استفاده می‌کند. نورونها در شبکه مذکور به هم پیوسته‌اند و به صورت موازی برای حل یک مسئله عمل می‌کنند. در شبکه عصبی سه لایه ورودی، پنهان و خروجی داریم. با توجه به مسئله، تعداد ویژگی‌های ورودی و انواع خروجی در هر لایه تعدادی نورون قرار می‌گیرد. ورودی‌ها در شبکه به جریان افتاده و با تولید وزن برای یالهای شبکه، خروجی تولید می‌کنند. با مقایسه خروجی بدست آمده و خروجی معتبر، مقدار خطا تولید شده بدست می‌آید. با توجه به خطا، وزن یالهای شبکه به‌روزرسانی شده و دوباره فرایند جریان ورودی صورت می‌گیرد. این عملیات تکراری تا زمانی که به نتیجه مناسب برسد ادامه پیدا خواهد کرد. شبکه عصبی عمیق نیز از نظر ساختار شبیه به الگوریتم شبکه عصبی است. [۱۹] شبکه عصبی عمیق برخلاف شبکه عصبی از دو یا چند لایه پنهان تشکیل شده است. فرایند یادگیری در این روش مانند شبکه عصبی بوده، با این تفاوت که جریان ورودی‌ها ابتدا به چند لایه پنهان آمده و سپس نتیجه با خروجی معتبر مقایسه می‌شود. شکل ۳-۶ یک شبکه عصبی عمیق را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌کنید، دو لایه با عنوان لایه پنهان در شبکه وجود دارد. [۱۴] الگوریتم‌های مختلفی برای یادگیری عمیق وجود دارد که در ادامه به دو نمونه از مهمترین و پرکاربردترین آنها خواهیم پرداخت.



شکل ۷-۳: یک شبکه پیچشی عمیق

۱. شبکه عصبی کانولوشن^۸:

شبکه عصبی کانولوشن یا پیچشی، از بهترین و پرکاربردترین شبکه‌های عصبی عمیق است که در حوزه‌های مختلف به خصوص بینایی ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک شبکه عصبی پیچشی از یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و تعدادی لایه پنهان تشکیل شده است. لایه‌های پیچشی یک عمل پیچش را روی ورودی اعمال می‌کنند، سپس نتیجه را به لایه بعدی می‌دهند. این پیچش در واقع پاسخ یک تک نورون را به یک تحریک دیداری شبیه‌سازی می‌کند. لایه‌های تجمعی شبکه‌های عصبی پیچشی، ممکن است شامل لایه‌های تجمعی محلی یا سراسری باشند که خروجی‌های خوشه‌های نورونی در یک لایه را در یک تک نورون در لایه بعدی ترکیب می‌کند. به عنوان مثال روش حداکثر تجمع حداکثر (پولینگ) مقدار بین خوشه‌های نورونی در لایه پیشین استفاده می‌کند. مثال دیگر میانگین تجمع است که از مقدار میانگین خوشه‌های نورونی در لایه پیشین استفاده می‌کند. شبکه‌های عصبی پیچشی وزن‌ها را در لایه‌های پیچشی به اشتراک می‌گذارند که باعث می‌شود حداقل حافظه و بیشترین کارایی بدست بیاید. نحوه به روز رسانی وزن‌ها نیز به روش بازگشت به عقب^۹ است. [۱۱]

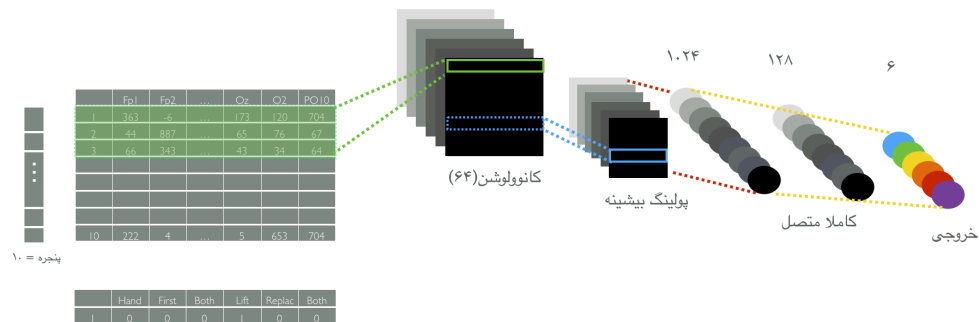
ساز و کار و معماری این شبکه را در شکل ۸-۳ مشاهده می‌کنید. این شبکه دارای ۵ لایه پیچشی، دو لایه تجمعی و دو لایه کاملاً متصل است.

– نحوه استفاده از این الگوریتم در این مسئله:

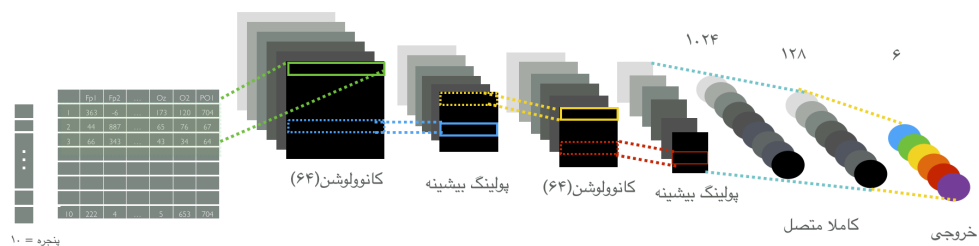
کداین بخش نیز به زبان پایتون و با کتابخانه pytorch پیاده‌سازی شده است. مانند بخش‌های پیش اطلاعات موجود به دو دسته داده آموزشی و تست تقسیم شده اند. برای طبقه بندی حرکات دست از روی نوار مغزی در این پروژه از این روش به دو صورت استفاده کردیم.

^۸Convolutional Neural Network (CNN)

^۹Backpropagation



(الف)

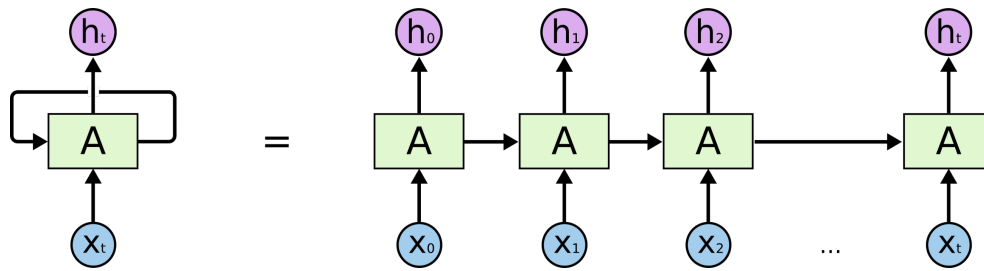


(ب)

شکل ۳-۸: معماری دو شبکه پیچشی پیشنهاد شده تک لایه و دولایه

(الف) کانولوشن تک لایه: در روش اول از شبکه عصبی کانولوشن یک لایه استفاده کرده ایم که. معماری این شبکه شامل یک لایه کانولوشنی، یک لایه تجمیعی از نوع پولینگ بیشینه و دو لایه کاملاً متصل است. در این شبکه ۳۲ کانال در هر لحظه به عنوان ورودی داده می‌شوند. لایه اولیه لایه کانولوشن است که ۶۴ فیلتر با سایز کرنل ۳ دارد. سپس یک لایه پولینگ بیشینه و دو لایه کاملاً متصل دارد. سایز خروجی ۶ است.

(ب) کانولوشن چند لایه: این روش مشابه روش پیشین است با این تفاوت که دو لایه کانولوشن و چهار لایه کاملاً متصل دارد. ساختار این شبکه در لایه اول مشابه روش پیشین است، لایه دوم شامل یک کانولوشن با سایز فیلتر ۶۴ است و در انتها برای نتیجه بهتر یک لایه کاملاً متصل به شبکه قبلی اضافه شده است. معماری دو روش پیشنهادی در شکل ۳-۷ دیده می‌شود.



شکل ۹-۳: شبکه عصبی بازگشتی

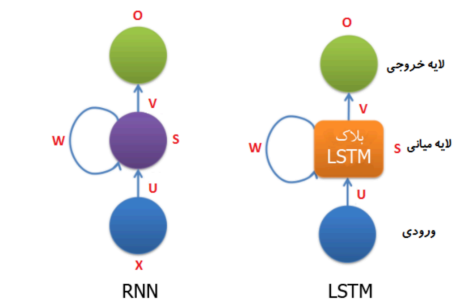
۲. شبکه عصبی با حافظه بلند- کوتاه مدت ^{۱۰}:

در شبکه عصبی مغز انسان، حافظه نقش موثری دارد. اموخته های سالیان گذشته به اطلاعات دریافتی امروز کمک کرده و به ان مرتبطاند. اما شبکه‌های عصبی ساده قادر به پیاده سازی این مفهوم نیستند. اینجاست که ایده شبکه‌های عصبی با حافظه مطرح میشود. شبکه عصبی بازگشتی ^{۱۱} یک شبکه عصبی با سلول حازه در لایه پنهان می‌باشد. این سلول یک تابع تصمیم بر اساس اطلاعات فعلی و اطلاعات گذشته است که نقش حافظه را ایفا میکند. برخلاف شبکه‌های معمولی که از پارامترهای متفاوتی در هر لایه استفاده میکند، این شبکه پارامترهای مشابهی را بین همه گام‌های زمانی به اشتراک می‌گذارد. این بدین معنی است که ما در هر گام زمانی عملیات مشابهی را انجام میدهم فقط ورودی‌ها متفاوت هستند. با این تکنیک تعداد پارامترهایی که شبکه بایستی یاد بگیرد به شدت کاهش پیدا میکند. این شبکه‌ها به این علت بازگشتی نامیده میشوند که خروجی هر لایه به محاسبات لایه های ماقبل آن وابسته است. به عبارتی دیگر این شبکه ها دارای حافظه هستند که اطلاعات مربوط به داده های دیده شده را ذخیره میکنند. در نگاه اول شاید کمی عجیب به نظر برسد اما این شبکه ها در واقع کپی های متعددی از شبکه های عصبی معمولی هستند که کنار هم چیده شده اند و هر کدام پیغامی را به دیگری انتقال میدهند. معماری این شبکه را در شکل ۹-۳ مشاهده میکنید. مشکل این شبکه‌ها از بین رفتن گرادیان دیسنت بعد از گذشت چند مرحله است، گویی پس مدتی تاثیر اطلاعات پیشین به شدت کم و یا از بین میرود.

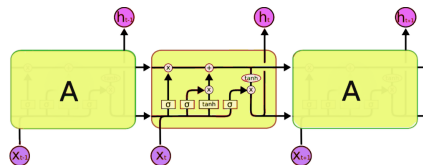
از انجا که در ذهن انسان همه اطلاعات به یک شکل و اندازه ذخیره نمیشوند و همچنین گاهی برخی فراموش میشوند، شبکه عصبی بازگشتی به طور کامل نمیتواند ان را پیاده کند. بنابراین نیاز به یک

^{۱۰} Long short-term memory (lstm)

^{۱۱} Recurrent Neural Network (RNN)



شکل ۳-۱۰: تفاوت دو شبکه بازگشتی و شبکه با حافظه بلند و کوتاه مدت



شکل ۳-۱۱: یک شبکه با حافظه بلند و کوتاه مدت

شبکه پیچیده‌تر وجود دارد. [۹] روش حافظه کوتاه-بلند مدت به همین منظور طراحی شده است. این شبکه همان شبکه بازگشتی است با چند تفاوت، بجای لایه میانی، بلاک حافظه کوتاه و بلند مدت وجود دارد. در شکل ۳-۱۰ تفاوت این دو روش را مشاهده میکنید. در این روش برخلاف شبکه عصبی بازگشتی حافظه کوتاه مدت و طولانی مدت میتواند شبیه سازی شود. در واقع وزن لایه میانی، حافظه کوتاه مدت و لایه های ورودی و خروجی حافظه طولانی مدت اند. [۲] معماری این شبکه به طور باز شده در شکل ۳-۱۱ نمایش داده شده است.

– نحوه استفاده از این الگوریتم در این مسئله:

در این پروژه از این شبکه به عنوان یک راه حل در شبکه‌های عصبی عمیق برای طبقه بندی حرکات دست استفاده کردیم. برای پیاده سازی در زبان پایتون از کتابخانه tensorflow استفاده کردیم تا سیگنال‌های مغزی در هر لحظه را همراه با برجسبش به شبکه بدهیم. ورودی در این شبکه یک پنجره ۱۰ تایی از سیگنال‌های مغز همراه با یک برجسب که بیشترین برجسب تکرار شده میباشد است.

معماری به دو صورت تک لایه و سه لایه پیاده سازی شده است تا تاثیر تعداد لایه بر دقت در این شبکه های عمیق مشخص شود.

فصل ۴

نتایج و کارهای آینده

در این فصل، ابتدا به بررسی نتایج در روش‌های مختلف می‌پردازیم. سپس نتایج را تحلیل کرده و نتیجه‌گیری نهایی می‌کنیم. پس از این به بررسی کارهای آینده خواهیم پرداخت.

۴-۱ نتایج

پس از اجرای هریک از روش‌های گفته شده در فصل پیش، نتایج دقت به دست آمده برای هر کدام از مدلها را بر روی داده تست در جدول (۴-۱) نشان داده ایم.

جدول ۴-۱: نتایج بدست آمده از روش‌های مختلف

روش	ماشین بردار پشتیبان	رگرسیون منطقی	پیچشی تک لایه	پیچشی چند لایه	حافظه بلند- کوتاه مدت تک لایه	حافظه بلند- کوتاه مدت چند لایه
AUC	۰.۵۴	۰.۶۸	۰.۸۰	۰.۷۳	۰.۸۲	۰.۸۷
زمان (ساعت)	۱:۴۰	۰:۴۰	۱۲	۳۵	۸	۲۰

مشاهده میشود که دو روش بردار پشتیبان و رگرسیون منطقی کمترین دقت را میان روش‌های آزمایشی دارند. همچنین روش حافظه بلند- کوتاه مدت دقت بهتری نسبت به روش پیچشی دارد و در روش پیچشی افزایش لایه پنهان سبب کاهش دقت شده است. زمان یادگیری برای هر شبکه را نیز برحسب ساعت نشان داده‌ایم که سرعت یادگیری در روش‌های کلاسیک کمتر است. همچنین سرعت در شبکه‌های عمیق با لایه

کمتر بیشتر از شبکه‌های پر لایه است.

۴-۲ تحلیل و نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج بدست آمده میتوان نتیجه گرفت که اگرچه روش‌های سنتی یادگیری ماشین همچنان نیز در برخی امور پرکاربردند، اما بر روی مجموعه داده‌های زمانی نتیجه خوبی نخواهند داد و روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق بسیار بهتر عمل میکنند.

در میان روش‌های یادگیری عمیق، برای مجموعه داده‌های عددی و زمانی مانند نوار مغزی شبکه عصبی با حفظه بلند- کوتاه مدت بهتر از شبکه عصبی کانولوشن عمل میکند، چرا که برای همین کار طراحی شده است.

در شبکه عصبی حافظه بلند- کوتاه مدت، افزایش لایه دقت را بالا برده است اما در شبکه عصبی پیچشی این افزایش لایه با کاهش دقت همراه بوده است که میتواند به دلیل بیش از حد فیت شدن روی داده آموزشی باشد. تمام گفته‌های پیشین مقایسه روش‌ها از نظر دقت بوده است، اما اهمیت زمان یادگیری نیز قابل چشم‌پوشی نیست. طبق نمودار جدول (۴-۱) روش‌های سنتی سرعت یادگیری بالاتری نسبت به یادگیری عمیق دارند که از نقاط ضعف این روش‌هاست. همچنین افزایش لایه سبب افزایش زمان به روزرسانی وزن‌ها و در نتیجه افزایش زمان یادگیری میشود.

در نهایت به عنوان نتیجه‌گیری نهایی میتوان گفت که روش‌های یادگیری عمیق دقت بسیار بالاتری نسبت به روش‌های کلاسیک یادگیری ماشین دارند. همچنین افزایش تعداد لایه پنهان با توجه به نوع داده و ساختار شبکه میتواند دقت را تا حد زیادی افزایش و یا برعکس آن را کاهش دهد. اما با توجه به این نوع داده، روش یادگیری عمیق، بخصوص حافظه بلند- کوتاه مدت چند لایه دقت بسیار بالاتری از سایر روش‌ها دارد.

۴-۳ کارهای آینده

در این پروژه با مقایسه میان روش‌های سنتی یادگیری و روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق و نیز مقایسه دقت شبکه‌های عمیق با تعداد لایه‌های متفاوت توانستیم نشان دهیم که روش‌های مبتنی بر یادگیر عمیق، بخصوص با تعداد لایه بیشتر، دقت بالاتری دارند.

در تمامی روش‌های پیشنهادی این پروژه هر الگوریتم به تنهایی بررسی شده است. اما روش‌های ترکیبی می‌توانند دقت بالاتری داشته باشند. بنابراین مقایسه شبکه‌های عصبی عمیق ساده با روش‌های ترکیبی، به عنوان یک مسئله باز باقی می‌ماند.

همچنین در این پروژه قصد ما مقایسه روش‌ها به منظور یافتن بهترین روش برای حل این مسئله بوده است. اکنون با در دست داشتن این روش‌ها می‌توان معماری دقیق، پیچیده و حساب‌شده‌ای از این روش‌ها ارائه کرد. شبکه‌ای متشکل از چندین لایه ترکیبی با بالاترین دقت.

مراجع

- [۱] سایت مسابقه و توضیحات مربوطه. <https://www.kaggle.com>
- [2] A Graves, S Fernández, J. S. Bidirectional lstm networks for improved phoneme classification and recognition. *Springer* (December 2005).
- [3] Allahyari, M., P. S. A. M. S. S. T. E. G. J., and Kochut. A brief survey of text mining: Classification. clustering and extraction techniques. *arXiv* 228, 2 (May 2017).
- [4] AndrewX Stewart, Antje Nuthmann, G. S. Single-trial classification of eeg in a visual object task using ica and machine learning. *Journal of Neuroscience Methods* 228, 2 (May 2014), .14–1
- [5] Conneau, A., S. H. B. L., and Lecun, Y. Very deep convolutional networks for text classification. *arXivs* 228, 2 (May 2014), .14–1
- [6] D Michie, D. S. Machine learning. *stacks.stanford.edu* (May 1994).
- [7] Dietterich, T. Approximate statistical tests for comparing supervised classification learning algorithms. *MIT Press* (May 1998).
- [8] G King, L. Z. Logistic regression in rare events data. *Springer* (December 2002).
- [9] isca speech.org. Recurrent neural network based language model. *Springer* (December 2010).
- [10] M Biehl, A. M. Statistical mechanics of unsupervised learning. *iopscience.iop.org* (May 1993).
- [11] M Browne, S. G. Convolutional neural networks for image processing: an application in robot vision. *Springer* (December 2002).

- [12] MI Jordan, D. R. Forward models: Supervised learning with a distal teacher. *Elsevier* (May 1992).
- [13] MR Nuwer, G Comi, R. E. Ifcn standards for digital recording of clinical eeg. *kit-journal.com.ua* (December 1998).
- [14] MR Nuwer, G Comi, R. E. Mikolov, t., karafiát, m., burget, l., Černocký, j. and khudanpur, s.,. *In Eleventh Annual Conference of the International Speech Communication Association.* (December 2010).
- [15] Phyu, T. Survey of classification techniques. *InProceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 1* (March 2009), .20–18
- [16] Shaibal Barua, S. B. A review on machine learning algorithms in handling eeg artifacts. *Journal of Neuroscience Methods 1, 2* (May 2014), .11–1
- [17] Wu, X., K. V. Q. J. G. J. Y. Q. M. H. M. G. N. A. L. B. P. S., and Zhou, Z. Top 10 algorithms in data mining. *Knowledge and information systems* (march 2008).
- [18] Xu, J., W. P. T. G. X. B. Z. J. W. F., and Hao, H. Short text clustering via convolutional neural networks. *VS@ HLT-NAACL* (March 2015), .69–62
- [19] Zhang, Z. Artificial neural network. in multivariate time series analysis in climate and environmental research. *Springer* (December 2018).

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Electroencephalography	نوار مغزی
Machine Learning	یادگیری ماشین
Deep Learning	یادگیری عمیق
Classification	طبقه‌بندی
Clustering	خوشه‌بندی
Regression	رگرسیون
Support vector machine	ماشین بردار پشتیبان
Long-short term memory	حافظه بلند- کوتاه مدت

Abstract:

From the invention of the first computer , humans have used them in a variety of areas to simplify and even make them possible. Although at first, computers were only a means to help humans, but this simple role was never enough, the idea of intelligent computers, the ability to understand and learn, quickly came up. The design of a system that can be learned like human beings has become the first scientific motivation to a field that we know as machine learning.

machine learning has been improved remarkably in past decades due to its attractiveness and importance in various fields. One of the most important areas is medicine. Today, with the help of various methods of machine learning, specialists in the field of medicine are able to do things that were impossible before. These include controlling the patients' articular organs by analyzing and identifying their brain signals. Choosing a method for this purpose is challenging due to the wide range of machine learning methods.

In this project, we will show that deep learning methods have a higher accuracy than classical machine learning methods in categorizing and detecting hand movements from the EEG records.

Keywords: Machine Learning, Deep Learning, EEG Records Analysis



**Iran University of Science and Technology
Computer Engineering Department**

Classification of hand movements from EEG records

Bachelor of Science Thesis in Computer Engineering

By:

Zahra Sadeghi Adl

Supervisor:

Mohammad Taher Pilevar

June 2019