



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده‌ی مهندسی کامپیووتر

یادگیری ماشین

پاییز ۱۴۰۴

استاد: دکتر علی شریفی زارچی

مسئول پژوهش: امیر رضا آذری

مهلت ارسال نهایی: ۳۰ دی

پژوهش

- پژوهش، ۱+۳ نمره درس می‌باشد.

ابتدا، با دقت کامل، تمامی پژوهه‌ها را مطالعه بفرمایید، سپس در فرم قرار داده شده، اولویت خود را از یک تا نه مشخص بفرمایید تا یک پژوهه به شما تعلق بگیرد. توجه بفرمایید ظرفیت هر پژوهش، تنها ۷ تیم می‌باشد.

معیار تصمیم‌گیری نهایی برای هر تیم، زمان پرکردن فرم می‌باشد. بنابراین این کار را به زمان دیگر موکول نکنید زیرا در این صورت اولویت‌های پایانی به شما خواهد رسید و جای اعتراضی وجود نخواهد داشت.

یک نمره امتیازی پژوهش، شامل ۰.۵ نمره بخش رقابتی پژوهش و ۰.۵ نمره دیگر برای بخش خلاقیت می‌باشد.

بخش رقابتی: هر پژوهش، یک معیار رقابت دارد. تیم اول ۰.۵، تیم دوم ۰.۳ و تیم سوم ۰.۲ نمره اضافه بر روی نمره پژوهش و درس دریافت خواهد کرد. تیم‌های برتر بر اساس نظر مسئول مربوط به هر پژوهش انتخاب خواهند شد.

بخش خلاقیت: در این بخش هرگونه خلاقیت و ایده نو و جدید که قابل بحث و تاثیرگذار باشد، نمره خواهد گرفت. تشخیص میزان خلاقیت با مسئول پژوهش انتخاب شده می‌باشد.

هر پژوهش مسئول مشخص دارد که بعد از مشخص شدن پژوهه‌های تیم‌ها، معرفی خواهد شد. شما در حین انجام دادن پژوهش با ایشان در ارتباط خواهید بود و هرگونه ابهام و سوالی را می‌توانید با ایشان در میان بگذارید.

گزارش نهایی: گزارش نهایی هر پژوهه متفاوت می‌باشد. اما در تمامی گزارش‌ها باید میزان همکاری اثرباره هر شخص مشخص شده باشد. همچنین در صورت استفاده از ابزارهای LLM، بخشی که از ابزارها استفاده شده است باید مشخص شود و همچنین پرداخته شده ذکر شود.

هر تیم موظف است یک مخزن گیت‌هاب برای پژوهش خود ایجاد کند. نکته حیاتی این است که هر عضو تیم باید منحصر با اکانت شخصی خود فعالیت کند و تمام تغییرات و ارسال کد (Commit) خود را به صورت جزئی و مستمر در مخزن ثبت نماید. میزان همکاری اعضا در تاریخچه کامیت‌ها به دقت بررسی خواهد شد و انتظار می‌رود که مشارکت تمامی اعضای تیم در پیشبرد پژوهش عادلانه و متوازن باشد؛ چرا که این شفافیت، بخشی از فرآیند ارزیابی نهایی خواهد بود.

توجه بفرمایید هرگونه عدم تطابق تحويل و گزارش تیم‌ها با نکات ذکر شده توسط مسئول پژوهش، سبب نمره منفی خواهد شد.

دقت بفرمایید نمره هر پژوهش از ۱۰۰ می‌باشد، اما بعضی پژوهه‌ها بنا به سختی آن‌ها، نمرات امتیازی دارند که این نمره امتیازی، تنها بر روی خود نمره پژوهش اعمال خواهد شد. به این معنی که نمره ۱۱۰ با ۱۰۰ فرقی نخواهد داشت.

پژوهش‌ها

پژوهش ۱ (۱۰۵ نمره)

تعریف مسئله

سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام (EEG)

سیگنال‌های EEG ثبت کننده فعالیت الکتریکی مغز هستند که از طریق الکترودهایی روی پوست سر اندازه‌گیری می‌شوند. این سیگنال‌ها اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت‌های ذهنی، فعالیت‌های شناختی و عملکرد بخش‌های مختلف مغز فراهم می‌کنند و به طور گسترده در علوم اعصاب، تشخیص‌های بالینی و واسطه‌های مغز-رایانه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این پژوهش، با داده‌های EEG آشنا می‌شویم و روش‌های پیش‌پردازش، حذف نویز و تمیز سازی داده‌ها را بررسی می‌کنیم. سپس به استخراج ویژگی‌های مناسب از سیگنال‌ها پرداخته و داده‌ها را دسته بندی و خوشه‌بندی خواهیم کرد.

تصویرسازی حرکتی (Motor Imagery)

تصویرسازی حرکتی فرآیندی است که در آن از فرد خواسته می‌شود بدون انجام یک حرکت، صرفاً انجام آن حرکت را در ذهن خود تصور کند؛ برای مثال تصور حرکت دست یا پا. در این پروژه، از داده‌های EEG ثبت شده از افراد سالم در حین انجام تصویرسازی حرکتی استفاده می‌کنیم. سیگنال‌های EEG با قرار دادن ۵۹ الکترود روی نواحی مختلف جمجمه اندازه‌گیری شده اند و تغییرات پتانسیل الکتریکی مغز را به صورت تابعی از زمان نشان می‌دهند. مجموعه داده‌های مورد استفاده، دارای سه کلاس «دست چپ»، «دست راست» و «پا» می‌باشد. در طی ثبت داده‌ها، از نشانه‌های بصری (مانند فلاش‌ها) برای مشخص کردن نوع حرکت مورد تصور استفاده شده و فرد مورد آزمایش، در بازه‌های زمانی مشخص، تصویرسازی حرکت نمایش داده شده را انجام داده است.

انتظار می‌رود هنگام تصور یک حرکت خاص، الگوهای متمایزی در فعالیت نواحی مختلف مغز ایجاد شود که بتوان آن‌ها را در سیگنال‌های EEG تشخیص داد. هدف این پروژه، پردازش سیگنال‌های EEG و پیش‌بینی نوع حرکت تصور شده در هر پنجره‌ی زمانی با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین است.

ساختار داده‌های ورودی

فایل دیتابست را از [این لینک](#) دانلود کنید. در ادامه از فایل BCICIV_calib_ds1a.mat استفاده می‌کنیم که فرآیند تصویرسازی حرکتی را توسط دو کلاس «دست چپ» و «پا» انجام داده است. برای درک ساختار داده‌های مورد استفاده به [این لینک](#) مراجعه کنید.

۱. پیش پردازش داده (۳۰ نمره)

۱.۰۱ (۱۵ نمره) بارگذاری داده

فرآیند تصویرسازی حرکتی برای یک فرد به صورت پشت سر هم و مطابق توضیحات ارائه شده در لینک توضیحات صورت می‌گیرد. به منظور تفکیک بازه‌های زمانی متناسب با هر حرکت، نیاز است که سیگنال پیوسته‌ی ورودی را پنجره بندی کنیم. طول هر پنجره‌ی زمانی را با توجه به بازه‌ی نمایش نشانه‌های بصری و فرکانس نمونه برداری به دست آورده و از متغیر pos به عنوان نقطه‌ی شروع هر پنجره استفاده کنید.

کدی بنویسید که باخشهای مورد نیاز از دیتابست را خوانده و پردازش کند. خروجی این مرحله باید یک دیتابست در قالب معمول مسائل یادگیری ماشین باشد که فیچرها و برچسب‌های متناظر با هر نمونه را شامل می‌شود. ۷۵٪ داده‌ها را به آموزش و ۲۵٪ را به تست اختصاص دهید.

نمودار مربوط به یکی از نمونه‌های دیتابست به دست آمده را به ازای چنل‌های ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۵۹ به صورت تابعی از زمان رسم کنید.

۲.۰۱ (۵ نمره) فیلترهای زمانی

سیگنال‌های مغزی بر اساس بازه‌های فرکانسی به چندین دسته تقسیم می‌شوند. در کاربرد فعلی، سیگنال‌های Mu، در بازه‌ی فرکانسی ۸ تا ۱۳ هرتز و سیگنال‌های Beta در بازه‌ی فرکانسی ۱۳ تا ۳۰ هرتز بیشترین کاربرد را دارند. با اعمال یک فیلتر band-pass، اطلاعات فرکانسی مربوط به این دو دسته را حفظ کرده و باقی فرکانس‌ها را حذف کنید.

۲.۰۲ (۱۰ نمره) استخراج ویژگی‌ها

با توجه به نزدیکی مکانی الکترودها، سیگنال‌های چنل‌های مختلف، در سطح جمجمه با یکدیگر ترکیب می‌شوند. به این منظور از فیلترهای مکانی مختلفی برای استخراج ویژگی‌ها و کاهش بُعد استفاده می‌شود. یکی از روش‌های متداول در کاربرد فعلی الگوریتم (CSP) common spatial patterns را به صورت کامل توضیح داده و آن را برابر روی داده‌ها اعمال کنید.

توسط TSNE، نمودار scatter plot نمونه‌ها را در فضای دو بُعدی، قبل و بعد از اعمال این الگوریتم رسم کرده و عملکرد این گام را در استخراج ویژگی‌ها بررسی کنید.

۲.۰۳ (۶۰ نمره)

۲.۰۴ (۴۰ نمره) پیاده‌سازی Kernel SVM

در این بخش، دیتابست پردازش شده‌ی حاصل از مراحل قبل را دسته بندی می‌کنیم. به این منظور روش SVM با کرنل RBF را پیاده‌سازی کرده و توسط آن دسته بندی دو کلاسه انجام دهید. برای اطمینان از صحت پیاده سازی خود می‌توانید عملکرد نهایی مدل خود را با نسخه‌ی آماده از scikit-learn مقایسه کنید.

۲.۰۵ (۱۰ نمره) ارزیابی

به منظور ارزیابی عملکرد، متريک‌های precision, recall, F1, accuracy و ROC و confusion matrix را گزارش کنید.

۰.۳۰۲ (۱۰ نمره) مقاييسه با روش‌های دسته بندی دیگر

به انتخاب خود سه روش يادگيري ماشين دیگر را انتخاب کرده و توسط آنها نيز دسته بندی را انجام داده و نتایج را مقاييسه کنيد. دقت کنيد که برای اين بخش نيازی به پياده سازی وجود ندارد و می‌توانيد از مدل‌های آماده‌ی scikit-learn استفاده کنيد.

۰.۳ (۱۵ نمره) خوش‌بندی

توسط الگوريتم k-means داده‌ها را خوش‌بندی کرده و scatter plot آن را در فضای دو بعدی رسم کنيد. تعداد خوش‌بندی‌هاي بهينه را توسيط رسم کردن نمودار معيارهای silhouette score و WCSS به ازاي k های مختلف به دست آوريد.

۰.۴. معيار رقابت

علاوه بر فایل BCICIV_calib_ds1a.mat که تا به اين جا از آن استفاده کردیم، توسيط پايپلайн پياده ساري شده، فایل BCICIV_calib_ds1c.mat را نيز دسته بندی کرده و نتایج را مقاييسه کنيد. ميانگين دقت به دست آمده روی اين دو فایل به عنوان معيار رقابت در نظر گرفته می‌شود و به تيمی که بالاترین دقت را به دست آورده باشد نمره‌ی امتيازی تعلق خواهد گرفت.

به منظور بالاتر بردن دقت نهايی، مجاز به استفاده از هر تكينيک دلخواه برای پيش پردازش، تنظيم هايپر پaramترها و يا انتخاب مدل می‌باشيد.