



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۶۴۷-یادگیری عمیق-ترم پاییز

۱۴۰۰

تمرین سری اول

موعد تحویل: ۱۵ آبان ۱۴۰۰

## نحوه تحویل:

- آپلود در CW در قالب یک فایل واحد با نام HW\_01\_stdnum.zip که stdnum شماره دانشجویی شما در دانشگاه صنعتی شریف می باشد.
- کدهای سوالات کامپیوتری را به صورت فایل های جداگانه و در فرمت ipynb تحویل دهید.
- در فایل Q2\_ToDo.ipynb مشخصات دانشجویی خود را تکمیل بفرمایید.
- در برخی از قسمت ها نیاز به استفاده از تنسوربرد بوده، از این رو فایل Summary خود را حتما تحویل دهید.
- استفاده از کتابخانه های پایتورچ، تنسورفلو ۲ و کراس در این تمرین اکیدا ممنوع می باشد.
- درصدهای طبقه بندی شبکه شما می بایست، در حد نرمالی قراربگیرد، قطعا درصدهای بالاتر از حدنرمال و پایین تر، به ترتیب نمره اضافه و کسری نمره را به همراه خواهد داشت.
- از آنجایی که در طراحی های خود، مقید به محدودیتی نیستید، که چنین رویکردی منجر به خروجی های متفاوتی در همه ابعاد خواهد بود، از این رو مشاهده تقلب در تمارین باعث از دست دادن کل یا بخشی از نمره تمرین هر دو طرف می شود.
- در تکالیف شبیه سازی سهم عمده نمره تکلیف را تحلیل و دریافت شما از نتایج کدهای نوشته شده، دارد.
- از اجرای کدهای خود اطمینان حاصل فرمایید، ترجیحا برای هماهنگی از version پکیج های مورد استفاده از فایل requirements.txt پکیج منیجر pip استفاده کنید. برای اطلاعات بیشتر به PEP ۴۹۶ یا PEP ۵۰۸ مراجعه کنید.
- برای تمارین کامپیوتری، استفاده از Git نمره امتیازی دارد، سعی کنید حتماً تعدادی Branch، Commit و Merge در Version Control خود داشته باشید. Branch های Merge شده را Remove نکنید. به نکاتی مانند قراردادن تصاویر و فایل هایی که به سورس کدتان مربوط نمی شود نیز دقت کنید.

## تمرینات تئوری (۳۰ نمره):

۱. یکی از متریک‌های متداول برای بررسی پیچیدگی نسبت به کارکرد مدل‌های یادگیری Vapnik-Chervonenkis نام دارد. راجع به این متریک تحقیق کنید و نتایج را در گزارش بیاورید سپس به سوالات زیر پاسخ دهید.  
الف. VC برای دسته‌بند دوتایی  $sgn(x^T x + \theta)$  (Binary Classification) با پارامتر تک‌بعدی  $\theta$  و در فضای سه‌بعدی ورودی  $x$  به دست‌آورید.  
ب. VC برای مدل دسته‌بند دوتایی  $sgn(x_1\theta_1 + x_2\theta_2 + \theta_0)$  را به دست‌آورید.  
ج. با توجه به نتایج بند قبل VC مدل خطی برای حالت کلی  $N$  بعدی را به دست‌آورید.
۲. ثابت کنید، گرفتن MSE به عنوان Loss Function در مسئله رگرسیون، معادل این است که همین مسئله را از دیدگاه احتمالاتی و با استفاده از روش Maximum Likelihood با فرض اینکه داده‌ها با توزیع گوسی حول مدل پراکنده شده باشند، یکسان است.
۳. فرض کنید با استفاده از دیدگاه ML می‌خواهید برای تعدادی داده  $D = \{x_i\}_{i=1}^N$  یک توزیع گوسی به دست‌آورید. پارامترهای مدل را بر اساس داده‌ها به دست‌آورید.
۴. الف. ثابت کنید در مسئله Regression ضرائب از رابطه  $W = (X^T X)^{-1} X^T Y$  به دست می‌آید.  
ب. در صورتی که  $X^T X$  معکوس‌پذیر نباشد از رابطه  $(X^T X + \lambda I)^{-1}$  استفاده می‌شود. ثابت کنید که این معادل اضافه کردن Regularization L2 در Loss Function است.

## تمرینات کامپیوتری (۷۰+۱۰ نمره):

۱. دادگان حروف لاتین تولیدشده از حرکات دست انسان در دو بخش آموزش و تست در فرمت csv در اختیار شما قرار گرفته است. پیکسل‌های تصاویر و برچسب‌های مرتبط با آن را می‌توانید به صورت فایل excel مشاهده کنید. تخصیص برچسب‌ها به تصاویر به گونه‌ایست که عدد صفر مربوط به حرف "A"، عدد یک مرتبط با حرف "B" و در نهایت عدد بیست و چهار مرتبط با عدد "Y" خواهد بود.



الف. با استانداردسازی پیکسل‌های دادگان در قالب تصویر، بیست‌وپنج تصویر اول را، با title حرف‌لاتین مرتبط با آن، در قالب یک عکس نمایش دهید.

ب. با جداسازی دادگان ولیدیشن از دادگان آموزش، شبکه چندلایه پرسپترون (MLP) را آموزش دهید که طبقه‌بندی را با دو الگوریتم SGD و ADAM انجام دهد. هاپرپارامترها را به گونه‌ای تعیین کنید که بهترین نتیجه ممکن را دریافت کنید. چه تفاوتی بین این دو الگوریتم وجود دارد؟ چه الگوریتم بهتری را پیشنهاد می‌کنید؟

پ. تغییرات Loss و تابع توزیع وزن‌های شبکه طراحی شده را در طول آموزش رسم و توجیه خود را درباره تغییرات این تابع توزیع در گزارش خود شرح دهید.

ت. با اضافه کردن لایه Dropout به لایه‌های MLP خود تأثیر نحوه عملکرد این متد Regularization را بر دقت داده‌گان تست و آموزش خود بیان کنید.

ث. با افزایش تعداد لایه‌های خود تأثیر متد Batch Normalization را در نحوه آموزش شبکه خود بیان کنید.

ج. یکی از کلاس‌های داده‌های آموزش خود را انتخاب کنید که در بندهای قبلی منجر به دقت خوبی شده است (با استفاده از Confusion Matrix). میزان داده‌گان آموزش این کلاس را به  $\frac{1}{5}$  حالت اولیه خود با uniform sampling کاهش دهید، شبکه خود را مجدداً با دیتای آموزش جدید آموزش دهید و تأثیر این تغییرات را با مشاهده confusion matrix شرح دهید. بدون اضافه کردن دیتای حذف‌شده در گزاره قبلی دو روش برای حل این مشکل ارائه دهید. (راهنمایی: با یک دیتاست unbalanced روبه‌رو هستید).

**توجه:** فایل summary این قسمت را در پوشه تحویل تکلیف خود قرار دهید.

خ. بعد از آموزش شبکه با بالاترین دقت ممکن در این قسمت با استفاده از کتابخانه مناسب و وبکم خود، به صورت آنلاین حداقل سه حرکت از دست خود را روی این شبکه تست کنید.



۲. کودکی را در نظر بگیرید که می‌خواهد راه رفتن را یاد بگیرد. این کودک باید زوایای پاها را به گونه‌ای تنظیم کند که به زمین نیوفتد. ولی در ابتدا هیچ ایده‌ای از این که چگونه این کار را انجام دهد، ندارد. پس باید با سعی و خطا و به دست آوردن دیتا و سپس یادگیری از این دادگان این فرآیند را آموزش ببیند. برای مثال ۱۰۰ بار تلاش می‌کند که راه برود و یاد بگیرد که در هر وضعیتی (observation-state) چه عملی (action) را باید انجام دهد تا بیشترین تعداد قدم‌ها (reward) را بتواند بردارد. ولی در این ۱۰۰ بار اکثراً زمین می‌افتد و فقط در چند مورد (elite sessions) توانسته چند قدم

بیشتر (reward) راه برود. از بین این ۱۰۰ اقدام تعداد ۲۰ تلاش را که بهترین نتیجه را گرفته انتخاب می‌کند (elite sessions). از روی این ۲۰ تلاش موفقتر سعی میکند ذهن (Neural Network) خود را آموزش دهد. با توجه به این که تعداد حالت‌ها و همچنین زوایای پاها پارامترهای پیوسته هستند پس بی‌شمار حالت خواهیم داشت و نمی‌توانیم به صورت قطعی بگوییم که در هر وضعیتی (state) چه عملی (action) انجام دهد. پس ذهن فرد (agent) یک مدل احتمالاتی خواهد بود. در این تمرین با استفاده از این ایده می‌خواهیم یک پاندول معکوس را کنترل کنیم. برای مطالعه‌ی بیشتر در رابطه با پاندول معکوس فایل Q2\_ReadMe را مطالعه فرمایید. قسمت‌هایی از کد از قبل نوشته شده است و بخش‌هایی را که برای یادگیری مهم‌تر هستند را می‌بایست خودتان تکمیل کنید که در فایل Q2\_ToDo قرار داده شده است.