

به نام خدا



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده برق و کامپیوتر



شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری عمیق

تمرین دوم

آبان ۱۴۰۰

فهرست سوالات

- سوال ۱ - شبکه پرسپترون چندلایه در کاربرد طبقه‌بندی ۳
- سوال ۲ - شبکه پرسپترون چندلایه در کاربرد رگرسیون ۵
- سوال ۳ - آشنایی با کاهش بُعد ۷

سوال ۱ – شبکه پرسپترون چندلایه در کاربرد طبقه‌بندی

هدف در این تمرین ایجاد یک طبقه بند برای طبقه بندی مجموعه دادگان [Ionosphere](#) با استفاده از شبکه پرسپترون چند لایه می باشد. این دیتاست، شامل اطلاعات رادار^۱ها می باشد که در نهایت به دو دسته طبقه بندی می شوند. اطلاعات تکمیلی را می توانید از لینک معرفی شده بدست بیاورید.

الف) داده های آموزش، تست و ارزیابی را چگونه تقسیم می نمایید؟ روش های متفاوت را شرح دهید و با ذکر دلیل مشخص نمایید کدام روش مناسب تر است. پیش پردازشهای مناسب را برای مجموعه داده در نظر بگیرید. مدل MLP خود را با حداقل ۲ لایه بسازید. معماری شبکه ساخته شده را ذکر کنید.

نکته: در صورت لزوم برای پاسخگویی به سوالات زیر بایستی دو نمودار جداگانه تغییرات دقت^۲ و خطای^۳ مدل در هر epoch را برای داده ی ارزیابی و آموزش در حالت های خواسته شده نشان دهید. همچنین خطا، دقت و ماتریس آشفتگی^۴ را برای داده ی تست محاسبه کنید.

ب) با استفاده از روش Stochastic mini batch based مقدار batch را به صورت دلخواه انتخاب نمایید و سپس تعداد نورون های موجود در هر لایه را تغییر دهید و تاثیر تفاوت تعداد نورون ها را در دقت و زمان آموزش شبکه بررسی نمایید.، مجموعاً ۳ مرتبه تعداد نورون ها در لایه های مخفی را تغییر دهید و نتایج آن را در گزارش بیاورید.

ج) با استفاده از بهترین مدل قسمت قبل، در این قسمت با استفاده از روش Stochastic mini batch based، از سه دسته با اندازه های ۳۲، ۶۴ و ۱۲۵۶ استفاده نمائید و تاثیر تفاوت اندازه دسته ها را در دقت و زمان آموزش شبکه بررسی نمائید.

د) با استفاده از بهترین مدل قسمت های قبل، توابع فعالساز هر لایه را تغییر دهید و تاثیر توابع فعالساز را در دقت آموزش شبکه بررسی نمائید، مجموعاً ۳ مرتبه توابع فعالساز را در لایه های ماقبل آخر تغییر دهید و نتایج آن را در گزارش بیاورید. مزایا و معایب این توابع فعالساز را نسبت به دیگری بررسی نمائید.

^۱ Radar

^۲ Accuracy

^۳ Loss

^۴ Confusion Matrix

ه) با استفاده از بهترین مدل قسمت های قبل ، تابع خطا شبکه را تغییر دهید و تاثیر تابع خطاهای متفاوت را در دقت آموزش شبکه بررسی نمائید، مجموعاً ۲ مرتبه تابع خطا را تغییر دهید و نتایج آن را در گزارش بیاورید. دلیل این تفاوت را از منظر ریاضی بررسی نمائید.

و) با استفاده از بهترین مدل قسمت های قبل ، بهینه ساز شبکه را تغییر دهید و تاثیر بهینه سازهای متفاوت را در دقت آموزش شبکه بررسی نمائید، مجموعاً ۲ مرتبه بهینه ساز شبکه را تغییر دهید و نتایج آن را در گزارش بیاورید.

ح) با توجه به بهترین مدل قسمت های قبل ، افزودن لایه به شبکه تأثیری در خروجی دارد؟ فرضیه خود را با افزودن تعداد لایه های مختلف بررسی کنید. حداقل ۳ آزمایش را در این قسمت انجام دهید. برای این مدل علاوه بر خطا و دقت ، معیارهای ارزیابی دیگر شامل Precision ، Recall و F-Score را نیز گزارش نمائید.

ط) با توجه به ارزیابی های انجام شده ، انتخاب کدام پارامترها بهترین نتیجه را می دهد؟ دلیل خود را با توجه به قسمت های قبل به طور کامل شرح دهید.

ی) اگر در یک مجموعه داده ، تعداد داده های دسته های ما با هم برابر نباشند چه مشکلی هنگام آموزش شبکه رخ می دهد؟ راه حل های متفاوت را شرح دهید. (نیاز به پیاده سازی نیست.)

سوال ۲ – شبکه پرسپترون چندلایه در کاربرد رگرسیون

در این سوال هدف استفاده از شبکه پرسپترون چند لایه در یک مسئله رگرسیونی است. در این سوال از داده‌گان^۱ فایل Reg-Data استفاده می‌کنیم که برای بررسی رابطه میان ویژگی موسیقی و مکان جغرافیایی جمع‌آوری شده است. ۶۸ ستون اول ویژگی‌ها و ۲ ستون آخر طول و عرض جغرافیایی هستند. برای استفاده از داده‌گان به نکات زیر توجه داشته باشید:

- برای استفاده از داده‌گان مجاز هستید که از کتابخانه pandas استفاده کنید.
- در فرایند پیش‌پردازش خود اقداماتی اعم از نرمال‌سازی، استانداردسازی و ... را ذکر کنید و علت استفاده را توضیح دهید.
- حداقل ۱۵ درصد داده‌گان را برای قسمت آزمون جدا کنید و روند تقسیم‌بندی داده‌گان آزمون^۲ و آموزش^۳ را ذکر کنید. (این موضوع برای داده‌گان ارزیابی^۴ نیز صادق است).
- روشی مناسب برای نمایش تفاوت مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل و نیز مقدار واقعی اتخاذ کنید. در صورت نیاز از معیارهای آماری (به شرط توضیح نوع عملکرد معیار انتخابی) برای نشان دادن توانایی مدل استفاده کنید.

*** در تمامی آزمایشات خود میزان زمان لازم برای روند آموزش را گزارش کنید. همچنین بر اساس تابع هزینه مورد نظر روند آموزش را نمایش دهید. ***

۱. مدل قدیمی اما توانا در موضوع رگرسیون مدل رگرسیون خطی است که از حل بسته معادله حداقل مربعات استفاده می‌کند. با استفاده از کتابخانه sklearn.linear_model مدل رگرسیون خطی با عنوان [LinearRegression](#) را فراخوانی کرده و برای داده‌های پیش‌پردازش شده خود این مدل را به کار گیرید.

*امتیازی: مدل رگرسیون خطی از نظر تئوری بررسی کنید، این مدل چه مولفه‌هایی را چگونه تخمین می‌زند؟ در کتابخانه فوق‌الذکر مدلی موسوم به Ridge وجود دارد، این مدل را از نظر تابع هزینه همانند مدل رگرسیون خطی بررسی کنید، چه مزیتی نسبت به مدل رگرسیون خطی دارد؟ این مدل را برای این سوال پیاده‌سازی کنید، آیا بهبودی حاصل می‌شود؟ (مولفه سراسری Ridge را چگونه انتخاب می‌کنید؟)

^۱ Dataset

^۲ Test

^۳ Train

^۴ Validation

۲. از دو تابع هزینه MSE و MAE و دو بهینه‌ساز SGD و $ADAM$ بهره بگیرید؛ یک شبکه عصبی بدون لایه مخفی و با تعداد نورونی معادل با تعداد ویژگی‌های داده‌گان طراحی کنید که تابع فعال‌ساز خطی داشته باشد و دو خروجی به عنوان مختصات جغرافیایی داشته باشد. نتیجه ۴ حالت موجود را با مدل رگرسیون خطی مقایسه کنید. چه تفاوتی میان مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی وجود دارد؟ این روند را برای ۱۰ و ۵۰ epoch تکرار کنید.
۳. از بهینه‌ساز و تابع هزینه مدل برنده مرحله پیشین استفاده کنید. حال تابع فعال‌سازی غیرخطی را در مدل پیشین به جای تابع فعال‌ساز خطی به کار بگیرید. نتایج چه تغییری دارند؟ (دلیل انتخاب تابع فعال‌ساز مدل نظر را ذکر کنید). این روند را برای ۱۰ و ۵۰ epoch تکرار کنید.
۴. آیا اندازه دسته داده^۱ در نتایج به دست آمده موثر است؟ پاسخ خود را با آزمایش متناسب نشان دهید.
۵. به ترتیب به تعداد ۱ و ۲ لایه مخفی با تعداد دلخواه نورون به مدل خود اضافه کنید. با بررسی هر دو نوع تابع هزینه و بهینه‌ساز یاد شده نتایج را بررسی و مدل برنده را معرفی کنید. چه تغییری در نتایج نسبت به حالات پیشین حاصل شد؟ برای انتخاب تعداد نورون در لایه‌های مخفی یک راهکار ارائه کنید. (نیازی به پیاده‌سازی آن نیست).
۶. با افزایش تعداد epoch ها به مدل برنده خود در حالت ۲ لایه، ۱ لایه و بدون لایه مخفی dropout اضافه کنید. نتایج چه تغییری داشت؟ تحلیل کنید.
۷. برای حالت شبکه‌های یاد شده در بخش ۶، به مدل خود نرمال‌سازی دسته‌ای^۲ را اضافه کنید. چه تغییری حاصل می‌شود؟ آیا اندازه دسته‌ها در این روند تاثیر دارد؟ تحلیل کنید.
۸. به دلخواه یک شبکه با تعداد لایه بیشتر از ۲ طراحی کنید، با استفاده از دانش بخش‌های پیشین روند آموزش مناسب آن را (بهینه‌ساز، تابع هزینه، اندازه دسته داده و ...) تشریح کنید. چه تغییری در نتایج حاصل شد؟ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

^۱ Batch Size

^۲ Batch Normalization

سوال ۳ - آشنایی با کاهش بُعد

در این سوال قصد داریم تا مفهوم و استفاده از کاهش بُعد بیشتر آشنا شویم. در همین راستا دو گام ذیل را انجام داده و نتایج را با هم و با نتایج سوال یک مقایسه کنید. در صورت بهبود علت را در چه می‌بینید؟ در صورتی که بهبودی حاصل نشده هم علت را توضیح دهید.

- از یک شبکه خودرمزنگار^۱ استفاده کنید و ابعاد داده را کاهش دهید. کاهش تا چه میزان مجاز است؟ سپس مدل برنده سوال را با استفاده از داده کاهش بعد یافته آموزش دهید و نتایج زمانی، دقت و خطا را گزارش کنید

- ابتدا با استفاده از روابط ریاضی توضیح دهید که چگونه می‌توان با استفاده از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی^۲ (PCA) ابعاد داده را کاهش داد. کاهش بعد تا چه میزان قابل قبول است؟ حال PCA را بدون استفاده از کتابخانه پیاده‌سازی کنید و ابعاد را کاهش دهید. راهنمایی: می‌توانید از تجزیه مقدار تکین^۳ (SVD) برای این کار استفاده کنید. در نهایت مدل برنده سوال را با استفاده از داده کاهش بعد یافته آموزش دهید و نتایج زمانی، دقت و خطا را گزارش کنید.

دو گام فوق را برای داده‌گان سوال دوم نیز به کار ببرید، و نتایج را در جدول مناسب گزارش کنید. بدیهی است که در سوال رگرسیون معیار دقت کاربردی ندارد.

^۱ Autoencoder

^۲ Principal Component Analysis

^۳ Singular Value Decomposition

نکات:

- مهلت تحویل این تمرین ۲۹ آبان است.
- گزارش را در قالب تهیه شده که روی صفحه درس در Elearn بارگذاری شده، بنویسید.
- گزارش شما در فرآیند تصحیح از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لطفاً تمامی نکات و فرض‌هایی که برای پیاده‌سازی‌ها و محاسبات خود در نظر می‌گیرید را در گزارش ذکر کنید.
- در گزارش خود برای تصاویر زیرنویس و برای جداول هم بالانویس اضافه کنید.
- الزامی به ارائه توضیح جزئیات کد در گزارش نیست. اما باید نتایج بدست آمده را گزارش و تحلیل کنید.
- دستیاران آموزشی ملزم به اجرا کردن کدهای شما نیستند. بنابراین هرگونه نتیجه و یا تحلیلی که در شرح سوال از شما خواسته شده است را به طور واضح و کامل در گزارش بیاورید. در صورت عدم رعایت این مورد، بدیهی است که از نمره تمرین کسر می‌شود.
- در صورت مشاهده تقلب امتیاز تمامی افراد شرکت‌کننده در آن، ۱۰۰- لحاظ می‌شود.
- برای انجام تمرین‌ها و مینی پروژه‌ها، تنها زبان برنامه نویسی مجاز Python است.
- استفاده از کدهای آماده برای تمرین‌ها به هیچ‌وجه مجاز نیست. اما برای مینی پروژه‌ها فقط برای قسمت‌هایی از کد و به عنوان راهنمایی برای پیاده‌سازی، می‌توانید از کدهای آماده استفاده کنید.
- نحوه محاسبه تاخیر به این شکل است: مهلت ارسال بدون جریمه تا تاریخ اعلام شده و پس از آن به مدت هفت روز تا ۶ آذر بارگذاری ممکن است و در نهایت، پس از بازه تاخیر نمره تکلیف صفر خواهد شد.
- لطفاً گزارش، فایل کدها و سایر ضمایم مورد نیاز را با فرمت زیر در سامانه مدیریت دروس بارگذاری نمایید.

HW#/PROJECT#_[Lastname]_[StudentNumber].zip

- در صورت وجود هرگونه ابهام یا مشکل می‌توانید از طریق رایانامه‌های زیر با دستیاران آموزشی مربوطه آقایان طاهرخانی(سوال ۱) و پسند (سوالات ۲ و ۳) در تماس باشید:

پسند (mohammad.pasande@ut.ac.ir)

طاهرخانی (mahdi.taherkhani@ut.ac.ir)