



دانشکده مهندسی کامپیوتر

مبانی هوش محاسباتی

زمستان ۱۴۰۰

تمرین سری اول

پرسپترون و شبکه‌های عصبی چندلایه

استاد درس دکتر مزینی

طراحی و تدوین محمدحسین کریمیان - آرمان حیدری

تاریخ انتشار ۸ اسفند ۱۴۰۰

تاریخ تحویل ۲۲ اسفند ۱۴۰۰

قوانین

۱. انجام تمرین به صورت انفرادی می‌باشد. در صورت مشاهده هرگونه تقلب یا کپی از اینترنت، نمره سوال برای هر دو نفر ۰ منظور خواهد شد.
۲. تحویل تمرین از طریق سایت Gradescope خواهد بود. لطفا پس از ثبت نام با کد ذکر شده وارد کلاس شوید. RWJJYZ
۳. در طول ترم مجاز به ۷ روز تاخیر هستید که به صورت دقیقه‌ای محاسبه خواهد شد. اگر تمرینی بعد از ددلاین فرستاده شود و ۷ روز حق تاخیر هم استفاده شده باشد نمره آن تمرین را کاملاً از دست خواهید داد. با توجه به این مکانیزم تاخیر هیچ تمرینی تمدید نخواهد شد.
۴. فایل گزارش ارسالی حتماً باید به صورت تایپ شده باشد.
۵. پیشنهاد می‌شود جهت انجام تمرین از محیط کولب استفاده کنید.
۶. جهت تحویل تمرین عملی قبل از آپلود کد، تمام سلول‌های Notebook را دوباره Run کنید. همچنین خروجی باید شامل تمام مراحل خواسته شده در صورت سوال باشد.
۷. هر تمرین شامل سه نوع سوال تشریحی، عملی و ترکیبی است. در گزارش ارسالی خود بایستی به تمام سوالات تشریحی پاسخ دهید، نتایج به دست آمده را ذکر و تحلیل کنید.
۸. بخشی از نمره هر سوال عملی مربوط به توضیحات و گزارش کد آن می‌باشد. توضیحات در قالب Note در سلول Notebook اضافه شود و شامل ورودی و خروجی، نحوه عملکرد توابع و مراحل مهم الگوریتم می‌باشد. لازم نیست این توضیحات در فایل گزارش ذکر شود.
۹. ریز نمرات هر سوال را می‌توانید از سایت گرید اسکوپ مشاهده نمایید.
۱۰. سوالات خود را از طریق گروه تلگرام مطرح کنید.

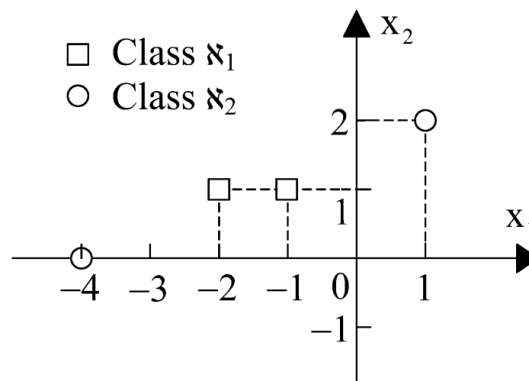
نکات

۱. محاسبات به صورت کاملاً Vectorize باشد. تنها در Epoch و Batch ها می‌توانید از حلقه For استفاده کنید. در غیر این صورت سرعت اجرای برنامه شما بسیار کم خواهد بود.
۲. در پایان هر Epoch مقادیر دقت و خطای شبکه را گزارش کنید و در انتها نمودار آن‌ها را رسم کنید.
۳. برای ترسیم نمودارها می‌توانید از کتابخانه matplotlib استفاده کنید.
۴. هایپرپارامترهای شبکه به صورت آرگومان ورودی قابل تنظیم شدن باشند. (Epochs, Batch Size, Learning Rate, ...)
۵. بخشی از نمره این تمرین مربوط به دقت، خطا و سرعت مناسب می‌باشد. پس در انتخاب هایپرپارامترهای شبکه دقت کنید.
۶. در صورت نیاز داده‌های ورودی را قبل از Feed شدن به شبکه نرمال کنید.

موفق باشید.

۱ سوال تشریحی (Backpropagation) - (۲۰ نمره)

با استفاده از الگوریتم Back-Propagation، الگوهای ورودی نشان داده شده در شکل زیر را دسته بندی کنید.



شکل ۱: دسته بندی الگو

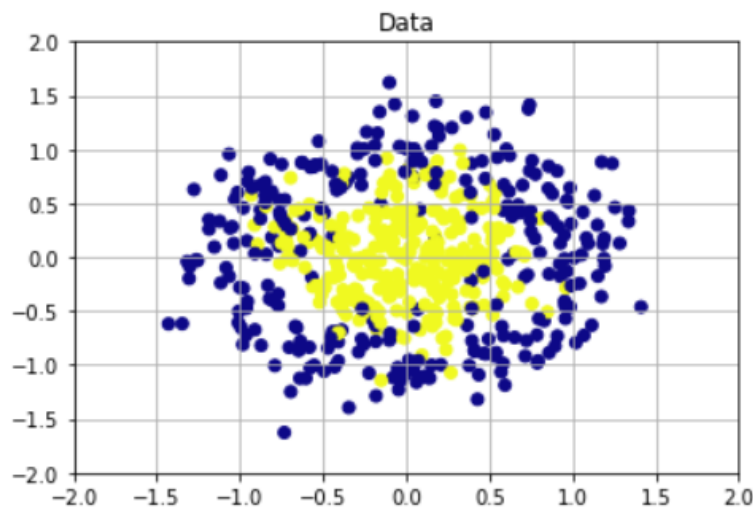
در دسته بندی خود به موارد زیر توجه کنید:

- از یک MLP که دارای یک لایه میانی با سه نورون است استفاده کنید.
- برای لایه میانی از تابع فعال سازی ReLU و در لایه آخر از تابع فعال سازی Sigmoid استفاده کنید.
- ساختار شبکه را رسم کنید.
- کلیه محاسبات ریاضی و عملیات های forward-pass و backward-pass را در هر مرحله بنویسید.

آیا این مسئله با شبکه Adaline قابل حل است؟ توضیح دهید.

۲ پرسپترون چند لایه (MLP) - (۴۰ نمره)

در این سوال باید با استفاده از کتابخانه NumPy یک پرسپترون چند لایه برای مجموعه داده زیر پیاده‌سازی کنید. این مجموعه داده در نوتبوک تمرین موجود است که شامل یک آرایه دو بعدی است که بیانگر مختصات نقاط است.



شکل ۲: دیتاست

در پیاده‌سازی خود نکات زیر را رعایت کنید:

۱. تعداد لایه‌ها، تعداد نورون در هر لایه و Learning Rate را بتوان به طور دلخواه تعیین کرد. برای این کار می‌توانید کد را داخل تابعی بزنید که علاوه بر Epoch و Learning Rate آرایه‌ای را در ورودی خود بگیرد که طول آرایه برابر تعداد لایه‌ها و مقدار هر عضو آرایه برابر تعداد نورون‌ها در آن لایه باشد.

۲. در پایان کار با استفاده از matplotlib نمودار توابع Loss و Accuracy را رسم کنید.

۳. ناحیه بندی انجام شده توسط الگوریتم تان را رسم کنید. (Decision Boundary)

۴. با امتحان کردن مقادیر مختلف برای تعداد لایه‌ها و تعداد نورون‌های هر لایه، بیان کنید که اگر این تعداد زیاد باشد چه مشکلی به وجود می‌آید. نتایج خود را در Report تمرین ذکر و تحلیل کنید.

۳ Keras - (۲۵ نمره)

با استفاده از کتابخانه Keras یک شبکه پرسپترون چند لایه طراحی کنید تا عملیات دسته‌بندی را بر روی دیتاست CIFAR-10 انجام دهد.

۱.۳ Neural Network

ابتدا دیتاست را معرفی کنید و توضیحاتی درباره کلاس‌های آن و نحوه Load کردن آن ارائه دهید. پیاده‌سازی خود را برای چند شبکه چند لایه مختلف آزمایش کنید و بهترین آن‌ها را معرفی کنید. سعی کنید تحلیلی از مقایسه شبکه‌های مختلف خود ارائه دهید.

۲.۳ Momentum

با مطالعه این لینک نتیجه الگوریتم خود را در حالت فعال بودن Momentum و غیرفعال بودن آن مقایسه کنید و دلیل تاثیر آن را در گزارش خود بیان کنید.

۳.۳ Weight Decay

با مطالعه این لینک نتیجه الگوریتم خود را در حالت فعال بودن Weight Decay و غیرفعال بودن آن مقایسه کنید و دلیل تاثیر آن را در گزارش خود بیان کنید.

۴ سوالات تشریحی - (۱۵ نمره)

۱. به نظر شما قابلیت تعمیم در کدامیک از شبکه‌های عصبی Adaline, Perceptron, Madaline و MLP بیشتر و در کدامیک کمتر است؟ توضیح دهید.
۲. چه زمانی می‌گوییم شبکه دچار Overfit شده است؟ دلایل مختلف آن را توضیح دهید.
۳. چه روش‌هایی برای جلوگیری و حل مشکل Overfit در شبکه‌های پرسپترون چند لایه وجود دارد؟
۴. پدیده Underfit در شبکه‌های پرسپترون چند لایه را توضیح دهید.

۵ سوال امتیازی - (۲۰ نمره)

فرض کنید یک شبکه عصبی داریم که دارای ۲ ورودی و ۱ خروجی است و رابطه زیر بین ورودی و خروجی آن برقرار است. a, b, c, d پارامترهای قابل آموزش شبکه هستند.

$$y = ax_1^2 + bx_2^2 + cx_1x_2 + d$$

اگر داده‌های آموزشی اولیه به صورت جدول زیر باشند، و از نقطه اولیه داده شده شروع کنیم، نتیجه حاصل را در دو Epoch و با فرض بهینه ساز Stochastic Gradient Descent به همراه Momentum و تابع ضرر MSE محاسبه کنید.
نقطه شروع و هایپرپارامترهای مختلف را مانند زیر در نظر بگیرید:

$$BatchSize = 4, LearningRate = 0.01, \rho = 0.9$$

$$a = -1, b = 1, c = -1, d = 2$$

x_1	x_2	y
1	-1	10
2	0	13
-1	2	15
1	1	6

روابط ریاضی این شبکه را در گزارش خود به دست آورید. می توانید محاسبات را با استفاده از توابع پایه پایتون انجام دهید. در این صورت کد نوشته را هم در نوتبوک تمرین بیاورید.