



پروژه دوم

هدف: آشنایی با شبکه‌های عصبی چندلایه‌ی پرسپترون.

کد: پیاده سازی این پروژه را به زبان پایتون انجام دهید؛ در این فعالیت مجاز به استفاده از tensorflow یا pytorch یا jax می‌باشید. فایل‌های کد خود را بر اساس شماره سوال و زیر قسمت خواسته شده‌ی آن نام گذاری کنید (برای مثال می‌توان نام گذاری قسمت اول برای سوال سوم تمرین را بصورت `P3_a_preprocessing.py` در نظر گرفت). فایل‌های ارسالی تان بایستی با فرمت `.py` یا `.ipynb` (با حفظ خروجی هر سلول) باشد.

گزارش: ملاک اصلی انجام فعالیت، گزارش آن است و ارسال کد بدون گزارش فاقد ارزش است. برای این فعالیت یک فایل گزارش در قالب pdf تهیه کنید که دارای فهرست بوده و پاسخ‌ها بترتیب در آن قرار گرفته اند و نام، نام خانوادگی و شماره دانشجویی تان در قسمت چپ سربرگ تمامی صفحات تکرار شده است. علاوه بر خواسته‌ی مستقیم هر سوال، مقتضی است که نمودارهای خطا (loss) و صحت (accuracy) را به ازای مجموعه داده‌های آموزش و اعتبارسنجی رسم نمایید. همچنین در صورت امکان ماتریس درهم‌ریختگی را بصورت رنگ آمیزی شده به همراه اعداد متناظر برای مجموعه داده‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی نیز تولید نمایید. لازم به ذکر است که در هر آموزش بایستی موارد مهم تنظیم شده نظیر تابع خطا، بهینه‌ساز (به همراه پارامترهای تنظیم شده‌ی آن مانند نرخ یادگیری)، معماری شبکه‌ی آموزشی (کتابخانه‌ها و ابزارهایی برای بصری سازی موجود است)، تعداد گام آموزشی، اندازه دسته (Batch Size)، آمارگان تفکیک مجموعه داده (به آموزش، آزمون و اعتبارسنجی)، پیش پردازش‌های اعمالی بروی دادگان ورودی و... ذکر گردد.

تذکر: مطابق قوانین دانشگاه هر نوع کپی برداری و اشتراک کار دانشجویان غیر مجاز بوده و با تمامی طرفین برخورد خواهد شد. استفاده از کدها و توضیحات اینترنت به منظور یادگیری صرفاً با ارجاع به آن بلامانع است، اما کپی کردن آن غیرمجاز است.

راهنمایی: در صورت نیاز می‌توانید سوالات خود را در خصوص پروژه از تدریس‌یارهای درس، از طریق ایمیل زیر یا در گروه تلگرامی بپرسید. ([لینک گروه تلگرامی](#))

Email: ann.ceit.aut@gmail.com CC: m.ebadpour@aut.ac.ir

توجه: می‌توانید از منابع و بسترهای سخت افزاری برخط رایگان نظیر Google Colab یا Kaggle استفاده نمایید.

تاخیر مجاز: در طول ترم، ده روز زمان مجاز تاخیر برای ارسال پروژه‌ها در اختیار دارید (بدون کسر نمره). این تاخیر را می‌توانید بر حسب نیاز بین پروژه‌ها مختلف تقسیم کنید که مجموع آن نباید بیشتر از ده روز شود. پس از استفاده از این تاخیر مجاز، هر روز تاخیر باعث کسر ۱۰٪ نمره‌ی کسب شده‌ی آن تمرین خواهد شد.

ارسال: فایل‌های کد و گزارش خود را در قالب یک فایل فشرده با فرمت StudentID_HW02.zip تا تاریخ ۱۴۰۳/۰۱/۱۹ صرفاً از طریق سایت کورسز ارسال نمایید. ارسال از طریق تلگرام، ایمیل و سایر راه‌های ارتباطی مجاز نبوده و تصحیح صورت نخواهد گرفت.

1. فرض کنید یک مجموعه داده‌ی دو کلاسی در اختیار دارید که کاملاً بصورت خطی کلاس‌ها از هم جداپذیر هستند. یک شبکه‌ی چندلایه‌ی پرسپترون (با طراحی دلخواه‌تان) برای دسته‌بندی طراحی نموده اید که لایه‌ی خروجی آن شامل دو نورون می‌باشد که تابع فعالساز softmax بر آن اعمال می‌شود. در زمان آموزش، از تابع خطای Binary Cross Entropy برای محاسبه‌ی خطا و بهینه‌سازی وزن‌ها استفاده می‌شود. آیا این امکان وجود دارد که خطای حاصل صفر شود؟ اگر امکان ندارد، با استدلال و اثبات ریاضی نشان دهید و اگر امکان دارد، با معرفی چهار داده (دو داده به ازای هر کلاس) و پرسپترون مدنظرتان نشان دهید که خطا می‌تواند دقیقاً صفر شود. (۱۵ امتیاز)
 2. تعیین اندازه دسته (Batch Size) به چه عواملی بستگی دارد و تاثیر آن در روند آموزش شبکه چیست؟ فرض کنید که اندازه و سائز هر نمونه از مجموعه داده بگونه‌ای بزرگ و حجیم است که وقتی اندازه دسته بیش از دو باشد، خطای حافظه دریافت می‌شود (Out of Memory). چگونه می‌توان این مشکل و چالش را بدون ارتقای سخت افزار حل نمود؟ راهکار مدنظر را معرفی و با جزئیات کامل پیاده سازی آن را بررسی کنید. (۱۰ امتیاز)
 3. نشان دهید شبکه چندلایه‌ی پرسپترون که فقط از تابع فعال سازی ReLU (یا pReLU) استفاده می‌کند، تابع پیوسته تکه‌ای خطی می‌سازد. (۷ امتیاز)
 4. تقارن در شبکه‌های عصبی به چه معناست؟ آیا نیاز داریم این تقارن را بشکنیم؟ در صورتی که جواب شما مثبت است، کیس مورد نظر را طراحی کرده و توضیح دهید. بررسی کنید چه روش‌هایی برای شکستن تقارن وجود دارد. چند مورد نام ببرید. (۸ امتیاز)
 5. ابر وضوح^۱ یک کاربردی در بینایی کامپیوتر می‌باشد که در آن هدف ارتقای وضوح تصویر می‌باشد. این امر می‌تواند در مقاصد مختلف نظیر تصویربرداری پزشکی، بهبود تصاویر نظارتی-امنیتی، بازسازی تصاویر قدیمی و... به کار گرفته شود. در این سوال هدف طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه‌ی عصبی چندلایه برای هدف فوق می‌باشد.
- a. ۱۰ تصویر دلخواه از اینترنت که حاوی گستره رنگی مختلفی می‌باشد را به عنوان مجموعه داده انتخاب کنید و آن را نمایش دهید. حال، وضوح هر یک از تصویرها را نصف کنید. اکنون، به ازای هر یک از پیکسل‌ها در عکس اصلی، متناظر آن و هشت همسایگی مجاور آن در عکس با وضوح پایین‌تر بیابید و مجموعه داده‌ی مورد نظر را بدست آورید. ابعاد ورودی برابر با ۲۷ ویژگی (پیکسل متناظر و هشت همسایگی آن به ازای سه کانال رنگی در وضوح پایین) خواهد بود و خروجی (برچسب) نیز شامل سه مقدار (مقدار سه کانال RGB در تصویر اصلی) خواهد بود. این روند را برای تمامی پیکسل‌های ۱۰ تصویر انجام دهید تا برای هر تصویر i یک مجموعه داده بصورت $(W_i * H_i, 27, 3)$ پدید آید. دو تصویر را برای آزمون در نظر بگیرید و یک تصویر را برای اعتبار سنجی و از هفت تصویر باقی مانده برای آموزش استفاده کنید. می‌توانید پیکسل‌های حاصل از تصاویر مختلف در گروه آموزش را با هم ترکیب کرده و درهم^۲ سازید که ابعاد آن مجموعه بصورت $(\sum_{i=1}^7 W_i * H_i, 27, 3)$ در آید. (۸ امتیاز)
- b. یک شبکه‌ی چندلایه‌ی پرسپترون طراحی و آموزش دهید که بتواند به ازای ۲۷ ویژگی ورودی در وضوح پایین، مقدار پیکسل رنگی در وضوح بالا را محاسبه کنید. معماری خود را ترسیم نموده (ابزارهای آماده برای این منظور وجود دارد) و آموزش شبکه را توضیح دهید. از چه تابع خطایی برای آموزش استفاده کرده‌اید؟ موارد ذکر شده در ابتدای پروژه را برای این سوال بصورت کامل گزارش دهید و نتایج را تحلیل کنید. (۲۲ امتیاز)

¹ Super-Resolution

² Shuffle

- c. مقدار تابع خطا را به ازای مجموعه داده‌ی آزمون محاسبه و گزارش نمایید و در گام نهایی تصاویر با وضوح بالا را تولید نموده و آن را با تصاویر اصلی مقایسه کنید. علاوه بر مقایسه‌ی بصری، معیارهای کمی $PSNR$ و $SSIM$ را مطالعه کرده و بر اساس آن عملکرد شبکه‌ی خود را ارزیابی کنید. (۸ امتیاز)
- d. اگر از شبکه‌ی قسمت (b) دو بار متوالی استفاده شود، می‌تواند وضوح تصویر را چهار برابر کند. بنظر شما این رویکرد می‌تواند مفید واقع شود یا یک شبکه‌ای که بصورت مستقیم چهار برابر وضوح را افزایش می‌دهد؟ با انجام آزمایش و گزارش کمی نتیجه مورد نظر را نشان دهید. (۷ امتیاز)