



مدرس: دکتر فدایی و دکتر یعقوب‌زاده

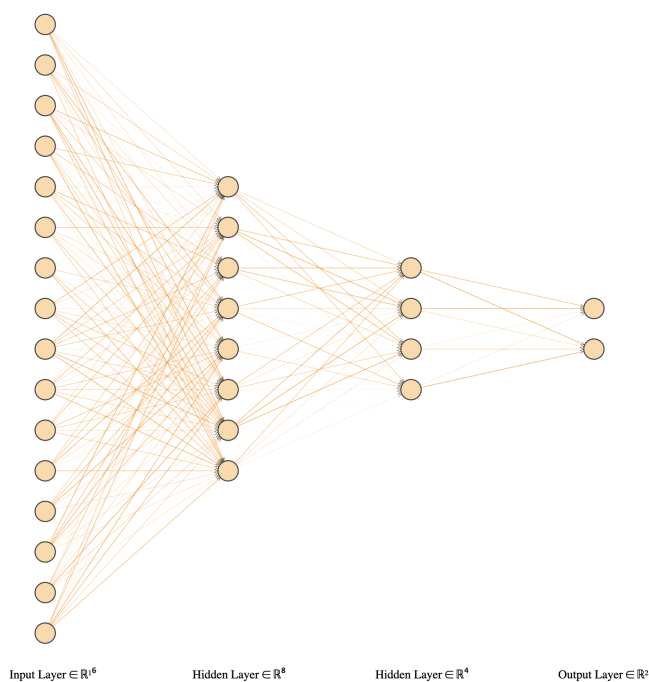
طراح: حسام اسداله‌زاده، امین ستایش، سپیده فاطمی

مهلت تحویل: چهارشنبه ۱۸ خرداد، ساعت 23:59

## مقدمه

### شبکه عصبی Feed Forward:

در فاز اول پروژه پنجم به پیاده سازی شبکه‌های عصبی Feed Forward جهت طبقه‌بندی تصاویر می‌پردازیم.



در شبکه‌های عصبی Feed Forward که در درس نیز با آن آشنا شدید، هر تصویر ابتدا مسطح شده و به صورت بردار به عنوان ورودی شبکه داده می‌شود. هر درایه این بردار (معادل با یک پیکسل تصویر) یک ویژگی برای آن محسوب می‌شود. شبکه قرار است بر اساس این ویژگی‌ها و با ساختن ترکیبات غیرخطی از آن‌ها، وزن اتصالات بین لایه‌هایش را طوری تنظیم کند، که خروجی آن ضمن داشتن کمترین خطا، کلاس تصویر ورودی متناظر را به درستی پیش‌بینی کند.

## تعریف مسئله

در این تمرین، در بخش اول به پیاده‌سازی یک شبکه‌ی عصبی Feed Forward از پایه و با استفاده از کتابخانه NumPy می‌پردازید. جهت تسریع این فرایند، یک Notebook ناقص از پیاده‌سازی شبکه نیز در اختیار شما قرار می‌گیرید که لازم است از آن استفاده نمایید. در بخش دوم، به کمک کدهای بخش اول، چند شبکه‌ی عصبی را روی داده‌های داده شده آموزش خواهید داد و تاثیر برخی از پارامترها را در فرایند یادگیری بررسی خواهید کرد.

## معرفی مجموعه داده

در این تمرین شما با مجموعه داده اعداد دست‌نویس فارسی کار خواهید کرد. مجموعه داده شامل تصاویری از 10 رقم 0 تا 9 در زبان فارسی است. در مجموع 102352 تصویر در این مجموعه داده موجود است. اطلاعات بیشتر راجع به مجموعه داده و تعداد تصاویر هر رقم در مجموعه داده را می‌توانید [اینجا](#) بخوانید.



محتویات پوشه مجموعه داده به صورت زیر است.

dataset

└─ data.pkl

└─ labels.pkl

مجموعه داده‌ها و برجسب‌های آن‌ها در قالب فایل‌های pkl در اختیار شما قرار داده شده‌اند تا حجم کمتری داشته باشند. شما می‌توانید با استفاده از قطعه کد نمونه زیر فایل‌ها را بخوانید.

```
import pickle
```

```
pk1_file = open('file.pk1', 'rb')
data = pickle.load(pk1_file)
```

مجموعه داده به صورت لیستی از آرایه‌های پایتون و مجموعه برچسب‌ها به صورت لیستی از اعداد ۰ تا ۹ در اختیار شما قرار گرفته است.

همچنین مجموعه داده‌ها از 102352 تا عکس تشکیل شده است که باید به نسبت دلخواه و منطقی، از آن برای آموزش و تست مدل خود استفاده کنید.

## بخش اول: بررسی و پیش‌پردازش داده

- یک تصویر را در مجموعه داده train را به صورت رندوم بررسی کنید و نشان دهید (از کتابخانه matplotlib استفاده کنید)، مقادیر هر پیکسل در چه محدوده‌ای قرار می‌گیرد؟
- از آنجایی که اندازه تصاویر متفاوت است، اندازه تصاویر را به اندازه 25 در 25 تغییر دهید.
- در مجموعه داده train، از هر کلاس به دلخواه یک تصویر انتخاب کرده و نمایش دهید. برای هر تصویر، نوع آن را نیز به همراه تصویر نمایش دهید.
- تعداد تصاویر هر دسته را برای مجموعه داده train و test محاسبه کنید و برای آن‌ها نمودار میله‌ای رسم کنید.
- مقدار داده‌ها را به گونه scale کنید که قبل از اطلاعات دادن به شبکه عصبی، مقدار هر pixel بین 0 تا 1 باشد. در صورت انجام ندادن این کار چه مشکلی ممکن است رخ دهد؟

## بخش دوم: تکمیل بخشهای ناقص شبکه عصبی

- یک فایل Notebook شامل کدهای ناقص مورد نیاز برای پیاده سازی شبکه عصبی Feed Forward آپلود شده و در این قسمت با تکمیل بخشهای مختلف این فایل، نهایتاً یک کلاس FeedForwardNN خواهید داشت که به کمک آن می‌توانید شبکه‌های عصبی Feed Forward با معماری‌های مختلف پیاده کنید و آموزش دهید. پارامترهای شبکه موردنظر از طریق روش Stochastic Gradient Descent در طی فرایند آموزش به‌روزرسانی خواهد شد. بخش‌های حذف شده از کد که لازم است آنها را کامل کنید، با #TODO مشخص شده‌اند.

## بخش سوم: طبقه بندی داده ها

در این بخش به پیاده سازی و آموزش شبکه‌های عصبی Feed Forward با پارامترهای مختلف به کمک کلاس FeedForwardNN می‌پردازیم. در بخش Training Sample از Notebook ناقص، یک مثال از شیوهی استفاده از کلاس FeedForwardNN جهت پیاده سازی شبکه‌های عصبی آورده شده است.

یک شبکه‌ی عصبی طراحی کنید و آن را با شرطهای زیر آموزش دهید:

1. مقدار learning rate باید 0.001 باشد.
2. تعداد epoch ها باید 15 باشد.
3. اندازه batch\_size باید 32 باشد.
4. تابع فعال ساز relu در تمام لایه‌ها استفاده شود. (به جز لایه آخر که Identical است.)
5. از وزن‌دهی اولیه uniform و یا normal استفاده کنید.

در تمام بخش‌های آینده، باید نتیجه خود را به صورت پیشفرض با شرطهای گفته شده بالا بدست آورید و فقط پارامترهای خواسته شده در هر مرحله را تغییر دهید.

## قسمت اول) آموزش شبکه

- یک شبکه‌ی عصبی با شرطهای گفته شده را طراحی کنید و آموزش دهید. (می‌توانید از شبکه‌ای که در بخش Training Sample قرار گرفته استفاده کنید.)

## قسمت دوم) وزن‌دهی شبکه

مقدار اولیه وزن‌ها در آموزش شبکه اهمیت دارد.

- اگر مقدار اولیه تمام وزن‌های شبکه برابر صفر قرار بود و شبکه را آموزش می‌دادید، نتیجه آن چه بود؟ خروجی را با حالت قبل (که در آن وزن ها به صورت مقدار تصادفی مقداردهی اولیه می‌شدند)، مقایسه کنید. نیازی به پیاده سازی نیست.

## قسمت سوم) تاثیر learning rate

یکی از پارامترهای مهم در آموزش دادن شبکه های عصبی، learning rate می باشد.

- حال با کاهش و افزایش این پارامتر، شبکه را آموزش دهید و پس از یافتن مقدار بهینه برای شبکه خود، نتیجه را گزارش کنید.
- همچنین رفتار شبکه را برای learning rate با مقدار بالاتر (10 برابر) و پایین تر (0.1 برابر) نسبت به حالت قبل را بدست آورید. نتیجه خود را با حالت قبل مقایسه کنید و توجیه کنید.

برای تمام قسمتهای بعد، از learning rate بهینه ای که به دست آورده اید استفاده کنید.

## قسمت چهارم) تاثیر activation function

- عملکرد شبکه ی طراحی شده در قسمت اول را به کمک Activation Function های زیر بسنجید و نتایج را مقایسه نمایید.

● تابع فعال ساز Sigmoid

● تابع فعال ساز Hyperbolic Tangent

● تابع فعال ساز Leaky ReLU

- دلیل اینکه Tanh و Sigmoid عملکرد مناسبی برای این دست شبکه ها ندارند را بیان کنید.

- برتری Leaky Relu نسبت به Relu چیست؟

توجه: در ادامه مراحل، از activation function با بهترین نتیجه در لایه های شبکه استفاده نمایید.

## قسمت پنجم) تاثیر batch size

- عملکرد شبکه را به ازای batch size مقدار 16 و 256 بدست آورید. نتیجه خود را با حالت قبل مقایسه کنید و توجیه کنید.
- علت استفاده از batch در فرایند آموزش چیست؟ مزایا و معایب احتمالی batch size بسیار کوچک را شرح دهید.

## نکات پایانی

- دقت کنید که هدف پروژه تحلیل نتایج است؛ بنابراین از ابزارهای تحلیل داده بطور مثال نمودارها استفاده کنید و توضیحات مربوط به هر بخش از پروژه را بطور خلاصه و در عین حال مفید در گزارش خود ذکر کنید.
- نتایج و گزارش خود را در یک فایل فشرده با عنوان `AI-CA5-<#SID>.zip` تحویل دهید. محتویات پوشه باید شامل فایل `jupyter-notebook`، خروجی `html` و فایل های مورد نیاز برای اجرای آن باشد. توضیح و نمایش خروجی های خواسته شده بخشی از نمره این تمرین را تشکیل می دهد. از نمایش درست خروجی های مورد نیاز در فایل `html` مطمئن شوید.
- توجه داشته باشید که علاوه بر ارسال فایل های پروژه، این پروژه به صورت حضوری نیز تحویل گرفته خواهد شد. بنابراین تمام بخش های پروژه باید قابلیت اجرای مجدد در زمان تحویل حضوری را داشته باشند. همچنین در صورت عدم حضور در تحویل حضوری نمره ای دریافت نخواهید کرد.
- در صورتی که سوالی در مورد پروژه داشتید بهتر است در فروم درس مطرح کنید تا بقیه از آن استفاده کنند؛ در غیر این صورت با طراحان در ارتباط باشید.
- در صورت نیاز می توانید از سرویس `Google Colab` استفاده کنید.
- هدف از تمرین، یادگیری شماسست. لطفا تمرین را خودتان انجام دهید.

موفق باشید.