

به نام ایزد منان

تمرین اول درس مبانی هوش محاسباتی، «مبانی شبکه‌های عصبی»



استاد درس: دکتر عبادزاده



بهار ۹۹ - دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

نکاتی در مورد این تمرین نیاز به توجه و دقت دوستان دارد.

۱- در جدول زیر نحوه اعمال جریمه تاخیر در ارسال تمرین‌ها ذکر شده است.

میزان جریمه	میزان تاخیر (روز)
هر روز ۰.۵٪	۱ الی ۲ روز
هر روز ۱.۰٪	۲ الی ۶ روز

در صورتی که بین ۷ تا ۱۴ روز تاخیر داشته باشید، نمره شما از ۵۰٪ محاسبه می‌شود و پس از این بازه با توجه به سایر تمرین‌ها و زمان تحویل، به تمرین ارسالی نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

۲- هرگونه کپی کردن باعث عدم تعلق نمره به تمامی افراد مشارکت کننده در آن می‌شود.

۳- آخرین مهلت ارسال تمرین، ساعت ۲۳:۵۵ دقیقه روز **دوشنبه ۸ اردیبهشت** می‌باشد. این زمان با توجه به جمع‌بندی‌های صورت گرفته، شرایط و با توجه به سایر تمرین‌ها در نظر گرفته شده است و **قابل تمدید نمی‌باشد**.

۴- دوستان فایل ارسالی خود را به صورت فشرده و به صورت «شماره دانشجویی__HW01» مانند HW01_97131123 نام گذاری کنید. در این فایل باید مواردی نظیر کدها، فایل پی‌دی‌اف گزارش و سایر موارد مورد نیاز در هنگام بررسی وجود داشته باشد و صرفاً این فایل در روز ارائه در نظر گرفته می‌شود.

۵- این تمرین دارای تحویل حضوری می‌باشد. زمان آن متعاقباً در مودل درس اعلام می‌شود.

۶- کدهای خود را به صورت مناسب کامنت گذاری کنید. به صورتی که بتوان حداقل روال اجرا و موارد مورد نیاز را درک کرد.

۷- سعی کنید ابتدا تمامی سوالات و بخش‌ها را مطالعه کنید.

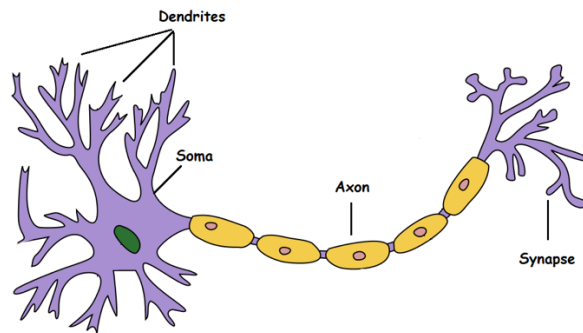
۸- در صورت هرگونه سوال یا مشکل می‌توانید با تدریس‌یاران درس از طریق ایمیل در ارتباط باشید.

ci.spring2020@gmail.com

بخش اول – مباحث تئوری و مسائل تشریحی (۵۰ نمره)

۱- ساختار یک نورون (سلول) عصبی انسان همانند شکل ۱ می‌باشد.

- نقش هر یک از قسمت‌های مشخص شده را بیان کنید و توضیح دهید هر کدام در یک نورون مصنوعی چگونه مدل سازی می‌شود.
- سیگنال‌های بین نورون‌ها از چه جنسی هستند و چگونه منتقل می‌شوند؟



شکل ۱- ساختار و بخش‌های مختلف یک نورون عصبی

۲- در شبکه پرسپترون چند لایه^۱: (در تمامی موارد پاسخ خود را توضیح دهید).

- یکی از پارامترهای موجود، نرخ یادگیری^۲ می‌باشد. مقدار این پارامتر چه تاثیر در آموزش شبکه دارد؟ به نظر شما نحوه مقدار دهی مناسب این پارامتر چگونه باید باشد؟
- عمق^۳ یا تعداد لایه‌های این شبکه‌ها نیز هاپیر پارامتری^۴ است که باید به آن توجه کرد. افزایش عمق شبکه چه تاثیری دارد؟
- تعداد نرون‌های یک لایه^۵ چه تاثیری در کارایی شبکه دارد؟
- افزایش تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌های هر لایه یا به طور کلی افزایش تعداد وزن‌های^۶ این شبکه می‌تواند مدل را دچار بیش‌برازش^۷ کند. به نظر شما چگونه می‌توان متوجه شد که مدل آموزش دیده دچار بیش‌برازش شده است؟ چه روشی برای جلوگیری بیش‌برازش در شبکه‌های عصبی عمیق وجود دارد و پیشنهاد می‌کنید؟

۳- برای هر مورد زیر، مدل پرسپترونی ارائه کنید که بتواند آن عمیات را به عنوان تابع فعالیت مدل پیاده کند. در هر حالت، وزن‌ها و بایاس‌ها را تعیین کرده و مرز تصمیم‌گیری را نمایش دهید.

- NOR
- NAND
- XNOR

¹ Multi-Layer Perceptron

² Learning Rate

³ Depth

⁴ Hyper Parameter

⁵ Width of Layer

⁶ Weights

⁷ Overfitting

۴- یادگیری بانظارت، بدون نظارت و تقویتی یکی از روش‌های تقسیم بندی مسائل مختلف یادگیری ماشین می‌باشد. این سه دسته را شرح دهید و کارایی و نحوه استفاده شبکه‌های عصبی را در این مسائل توضیح دهید.

بخش دوم - مسائل برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی (۵۰ نمره)

در این بخش علاوه بر کد و نمودارها، پاسخ تشریحی و تحلیل شما حائز اهمیت است.

۱- فایلی برای داده‌ها همراه این تمرین اپلود شده است. داده‌ها را در یک نمودار scatter نشان دهید و داده‌های هر دسته را با رنگی جداگانه نشان دهید. آن را به دو دسته آموزش^۸ و آزمایش^۹ جدا کنید. داده‌ها نقاطی دو بعدی هستند که برچسب ۰ و ۱ دارند.

۲- شبکه عصبی شکل ۲ را در نظر بگیرید.

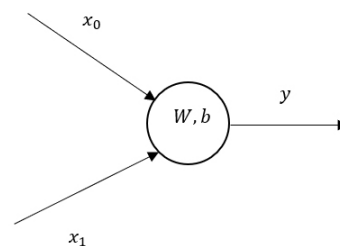
$$y = S(W \cdot X + b), W = \begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \end{bmatrix}, b \in R, X = \begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \end{bmatrix}$$

$$cost = - \sum_{\forall x} y_0 * \log(y)$$

$$X, y_0 \in data$$

$$S(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}, (Sigmoid function),$$

$$\frac{dS(x)}{dx} = S(x) * (1 - S(x))$$



شکل ۲- شبکه عصبی با یک نرون

• در این شبکه مقادیر زیر را محاسبه کنید.

$$\frac{dcost}{dW}, \frac{dcost}{db}$$

راهنمایی: از قاعده زنجیره ای مشتق استفاده کنید.

$$\frac{dcost}{dW} = \frac{dcost}{dy} * \frac{dy}{dW} = \dots$$

۳- با استفاده از داده‌های آموزش و شبه کد شکل ۳، این شبکه را آموزش دهید. مقادیر نرخ یادگیری (lr) و تعداد گام^{۱۱} (n_epoch) مناسب را پیدا و گزارش کنید.

⁸ Train

⁹ Test

¹⁰ Label

¹¹ Number of epochs

```

initialize W and b from N(0,1)
n_epoch = ?
lr = ?
n = number of train records
for i from 0 to n_epoch:
    for each W or b:
        grad[W] = 0 // grad[b] for biases
        for x0,x1,y0 in train_data:
            compute y
            compute cost
            grad[W] += dcost/dW // grad[b] and db for biases
        for each W or b:
            W = W - (lr * grad[w])/n // b and grad[b] for biases

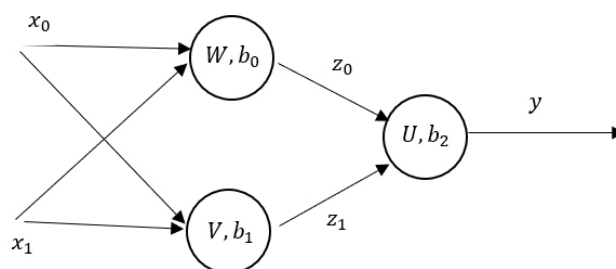
```

شکل ۳- شبه کد آموزش وزن‌های شبکه عصبی

۴- حالا داده های آموزش را به شبکه بدهید و دقت^{۱۲} دسته بندی را ارزیابی کنید. نمودار scatter برای داده های آموزش رسم کنید (رنگ هر نقطه بر اساس خروجی شبکه برای آن نقطه باشد).

۵- حال شبکه شکل ۴ را در نظر بگیرید.

$$\begin{aligned}
 z_0 &= S(X \cdot W + b_0) \\
 z_1 &= S(X \cdot V + b_1) \\
 y &= S(Z \cdot U + b_2) \\
 Z &= \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} v_0 \\ v_1 \end{bmatrix}, U = \begin{bmatrix} u_0 \\ u_1 \end{bmatrix} \\
 cost &= (y - y_0)^2 \\
 X, y_0 &\in data \\
 S(x) &= \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (\text{Sigmoid function}) \\
 \frac{dS(x)}{dx} &= S(x) * (1 - S(x))
 \end{aligned}$$



شکل ۴- شبکه عصبی با سه لایه ورودی، میانی و خروجی

- در این شبکه مقادیر زیر را محاسبه کنید.

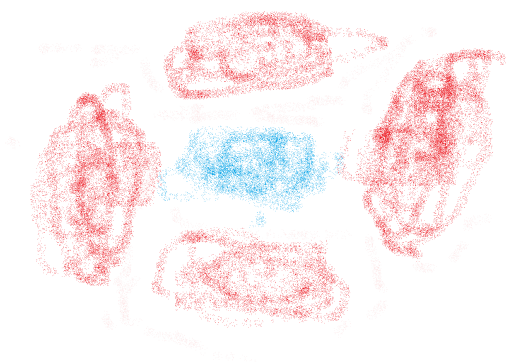
$$\frac{dcost}{dW}, \frac{dcost}{dV}, \frac{dcost}{dU}, \frac{dcost}{db_0}, \frac{dcost}{db_1}, \frac{dcost}{db_2}$$
 از همان راهنمایی بخش قبل استفاده کنید!

- قسمت ۳ و ۴ را برای این شبکه نیز انجام دهید.

۶- کارایی این شبکه نسبت به قبلی چه تفاوتی دارد؟ چرا؟

¹²Accuracy = $\frac{\#True\ Predict}{\#Samples}$ (تعداد پیش‌بینی‌های صحیح تقسیم بر کل پیش‌بینی‌های انجام شده)

۷- فرض کنید داده‌های مسئله همانند شکل ۵ باشد. آنگاه چه معماری یا معماری‌هایی برای شبکه مناسب بود. چرا؟



شکل ۵- نمونه داده با دو برچسب به رنگ‌های آبی و قرمز در یک فضای دو بعدی

موفق باشید

ما چه بزمیم امروز
 و چه تم هوشیار است
 تابستان است
 سیه بامیدانند که چه تابستانی است
 سیه بانی بی لک
 مایه است
 که نمی دانم
 دشت بانی چه فرخ
 مادر این لیدی پی پی چیزی می کشم
 پی خوبی پیدا

شاعر و نقاش آثار بالا: شبکه عصبی بازگشتی^{۱۳} و مولد متخاصم^{۱۴} !!!

¹³ Recurrent Neural Network (RNN)

¹⁴ Generative Adversarial Network (GAN)