به نام خدا

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده برق و کامپیوتر

یادگیری عمیق با کاربرد در تصویر و صوت

دکتر رشاد حسینی

تمرین شماره ۱

طرح تمرین:

زینب یزدانی

فروردین ۱۴۰۵

فهرست مطالب

فهرست شکل‌ها ۴

فهرست جدول‌ها ۵

جدول اصطلاحات تخصصی ۶

سؤال اول – محاسبه دستی یک مرحله آموزش شبکه عصبی (۲۵ نمره) ۷

هدف تمرین ۷

مقدمه ۷

سوال ۱.۱) ۷

سوال ۱.۲) ۹

سوال ۱.۳) ۹

سوال ۱.۴) امتیازی (۵ نمره) ۹

سؤال دوم – پیاده‌سازی شبکه MLP و مسئله طبقه‌بندی (۷۵ نمره) ۱۰

هدف تمرین ۱۰

مقدمه ۱۰

آماده‌سازی داده (۱۰ نمره) ۱۱

سوال ۲.۱) ۱۲

سوال ۲.۲) ۱۲

سوال ۲.۳) ۱۲

سوال ۲.۴) ۱۲

سوال ۲.۵) ۱۲

سوال ۲.۶) ۱۲

طراحی شبکه (۲۰ نمره) ۱۳

مسیر پیشرو ۱۳
مسیر پسرو ۱۳
آموزش و ارزیابی مدل (۳۲ نمره) ۱۴
سوال ۲.۷) مدل پایه ۱۵
سوال ۲.۸) تغییر نرخ یادگیری ۱۵
سوال ۲.۹) نرمال‌سازی ورودی ۱۵
سوال ۲.۱۰) اندازه بسته ۱۵
سوال ۲.۱۱) تابع بهینه‌ساز ۱۵
سوال ۲.۱۲) تعداد نورون‌های شبکه ۱۵
سوال ۲.۱۳) تعداد لایه‌های پنهان ۱۵
سوال ۲.۱۴) بیش‌برازش ۱۶
تحلیل نتایج آزمون (۱۳ نمره) ۱۶
سوال ۲.۱۵) ۱۶
سوال ۲.۱۶) ۱۶
سوال ۲.۱۷) ۱۶
سوال ۲.۱۸) ۱۶
سوال ۲.۱۹) ۱۶
پیاده‌سازی ۱۷
گزارش ۱۸
بارگذاری ۱۸
ارتباط با ما ۱۹

فهرست شکل‌ها

شکل 1- نمونه رسم نمودار ۱۱

فهرست جدول‌ها

جدول 1- ابرپارامترهای شبکه عصبی ۱۴

جدول اصطلاحات تخصصی

معادل فارسی	مخفف	اصطلاح
پرسپترون چندلایه	MLP	MultiLayer Perceptron
کاهش گرادیان تصادفی	SGD	Stochastic Gradient Descent
تابع فعال‌ساز	-	Activation Function
تابع هزینه	-	Loss Function
میانگین مربعات خطا	MSE	Mean Squared Error
نرخ یادگیری	-	Learning rate
آنتروپی متقابل	CE	Cross-Entropy
صحت	-	Accuracy
دوره	-	Epoch
اندازه بسته	-	Batch size
ماتریس درهم‌ریختگی	-	Confusion Matrix

سؤال اول – محاسبه دستی یک مرحله آموزش شبکه عصبی (۲۵ نمره)

هدف تمرین

هدف این تمرین انجام محاسبات یک مرحله آموزش یک شبکه عصبی چند لایه برای یک مسئله رگرسیون است. در این تمرین با نحوه محاسبات در مسیرو پیشرو[۱] و پسرو[۲] یک شبکه عصبی و به-روزرسانی وزن‌های آن آشنا خواهید شد.

مقدمه

شبکه عصبی چندلایه (MLP[3]) یا پرسپترون چندلایه، زیرمجموعه‌ای از شبکه‌های عصبی پیش‌خور[۴] است که از ساختاری به‌صورت لایه‌لایه تشکیل شده است. این شبکه معمولاً شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی می‌باشد. فرآیند یادگیری در MLP از طریق الگوریتم‌های بهینه‌سازی (مانند کاهش گرادیان تصادفی (SGD[۵])) و پس‌انتشار خطا[۶] انجام می‌شود تا خطای مدل بین خروجی پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی به حداقل برسد.

رگرسیون یکی از شاخه‌های اصلی یادگیری نظارت‌شده است که هدف آن پیش‌بینی یک مقدار عددی پیوسته (مانند قیمت خانه، دما، یا میزان فروش) بر اساس داده‌های ورودی است. در رگرسیون، مدل تلاش می‌کند یک تابع ریاضی پیدا کند که بهترین برازش را به داده‌ها داشته باشد.

سوال ۱.۱)

فرض کنید یک شبکه MLP شامل یک لایه ورودی، دو لایه پنهان به ترتیب با ۲ و ۳ نورون و یک لایه خروجی با یک نورون برای یک مسئله رگرسیون داریم. از تابع فعال‌ساز[۷] سیگموئید[۸] برای لایه پنهان و تابع همانی برای لایه آخر استفاده کنید و تابع هزینه[۱] را MSE[2] در نظر بگیرید.

---

[1] Forward
[2] Backward
[3] MultiLayer Perceptron
[4] Feedforward
[5] Stochastic Gradient Descent
[6] Backpropagation
[7] Activation Function
[8] Sigmoid

فرض کنید برچسب واقعی این داده ۳/۹۷ باشد. با استفاده از الگوریتم پس‌انتشار خطا به صورت کامل و مرحله به مرحله، گرادیان نسبت به تمام پارامترها را به دست بیاورید و درنهایت با استفاده از روش بهینه‌سازی SGD، روابط مربوط به یک مرحله از به‌روزرسانی وزن‌ها را بنویسید. نرخ یادگیری[3] را ۰.۵ در نظر بگیرید.

ورودی:

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

وزن‌های لایه اول:

$$w1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$b1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

وزن‌های لایه دوم:

$$w2 = \begin{bmatrix} 0 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$b2 = 0$$

وزن‌های لایه آخر:

$$w3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$b3 = [2]$$

نکته: این سوال را باید با روابط ماتریسی حل کنید، در غیر این صورت نمره کامل را دریافت **نخواهید** کرد.

نکته: برای محاسبات مسیر پسرو از روابط موجود در اسلایدهای ۱۳۵ تا ۱۳۸ با عنوان **Backpropagation** استفاده کنید. همچنین از روابط زیر نیز می‌توانید کمک بگیرید:

$$\frac{\partial L}{\partial w} = \left(\frac{\partial L}{\partial w^T}\right)^T$$ *رابطه ۱*

$$(ab)^T = b^T a^T$$ *رابطه ۲*

---

[1] Loss Function
[2] Mean Squared Error
[3] Learning rate

سوال ۱.۲)

دلیل استفاده از توابع فعال‌ساز غیرخطی در شبکه‌های عصبی چند لایه چیست؟

سوال ۱.۳)

دو مورد از مشکلات تابع فعال‌ساز سیگموئید را توضیح دهید. به نظر شما دلیل استفاده از تابع ReLU به جای سیگموئید چیست؟

سوال ۱.۴) امتیازی (۵ نمره)

توضیح دهید در مسیر پیشرو و پسرو با تابع ReLU چگونه برخورد می‌شود (نحوه محاسبه گرادیان خروجی ReLU نسبت به ورودی آن).

سؤال دوم – پیاده‌سازی شبکه MLP و مسئله طبقه‌بندی (۷۵ نمره)

هدف تمرین

هدف این تمرین پیاده‌سازی یک شبکه عصبی چندلایه با امکان تغییر ساختار شبکه مانند تعداد لایه-ها و نورون‌ها و نیز امکان بررسی تاثیر ابرپارامترها بر عملکرد آن، با استفاده از امکانات پایه پایتون و کتابخانه‌هایی مانند Numpy است. در این تمرین مفاهیم اساسی مانند محاسبات ماتریسی، توابع هزینه و توابع بهینه‌سازی نیز بررسی و پیاده‌سازی خواهندشد.

مقدمه

مسئله طبقه‌بندی[1] یکی از مسائل اصلی در یادگیری نظارت‌شده است که هدف آن پیش‌بینی برچسب یا کلاس متغیر هدف برای داده‌های جدید بر اساس الگوهای استخراج شده از داده‌های آموزشی است. در این فرآیند، مدل یادگیری ماشین با تحلیل ویژگی‌های ورودی، یک مرز تصمیم[2] در فضای ویژگی‌ها ترسیم می‌کند تا داده‌ها را به کلاس‌های گسسته و مجزا نسبت دهد. برخلاف رگرسیون که خروجی پیوسته است، در طبقه‌بندی خروجی همواره متغیری گسسته است (مانند صفر و یک یا چند کلاس مشخص).

نکته: در این تمرین مجاز به استفاده از پیاده‌سازی‌های آماده مانند امکانات موجود در scikit-learn، pytorch، tensorflow و... **نیستید**.

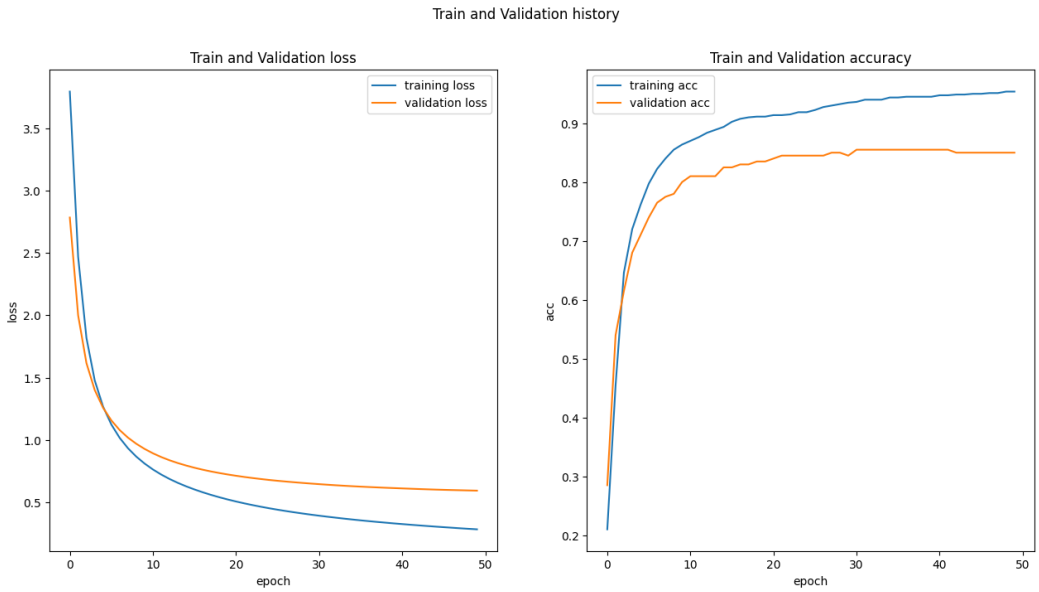
نکته: تمام روابط باید به صورت ماتریسی پیاده‌سازی گردد و به صورت حلقه قابل قبول **نیست**.

نکته: کد شما باید حتما امکان تغییر ساختار شبکه مانند تعداد لایه‌ها و نورون‌ها را داشته باشد.

نکته: کد شما باید مطابق ساختار ارائه شده در قسمت پایانی تمرین باشد؛ بنابراین کد با فرمت ipynb. قابل قبول **نیست**.

[1] Classification
[2] Decision Boundary

نکته: در این سوال در قسمت‌های مختلف از شما خواسته شده نمودارهایی مشابه شکل 1 رسم کنید. **توجه داشته باشید** که باید عنوان نمودارها مشخص باشد، محورها برچسب داشته باشند، کیفیت تصویر مناسب باشد، از رنگ‌های مختلف برای نمایش منحنی‌های مختلف در یک تصویر استفاده شود و مشخص شود هر رنگ یا شکل مختلف مربوط به کدام منحنی است. برای رسم نمودارها می‌توانید از کتابخانه **matplotlib**(.pyplot) استفاده کنید.



شکل ۱- نمونه رسم نمودار

آماده‌سازی داده (۱۰ نمره)

در این سوال از مجموعه دادگان MNIST فارسی استفاده خواهد شد. این مجموعه‌داده که ضمیمه تمرین شده‌است، شامل ۷۰۰۰۰ تصویر دست‌نویس در ۱۰ کلاس برای ارقام است. در این مجموعه‌داده ۶۰۰۰۰ تصویر برای آموزش و ۱۰۰۰۰ تصویر برای آزمون جدا شده‌است.

یکی از مسائل مهم در فرآیند حل مسئله، تحلیل اکتشافی داده است. هدف این بخش شناسایی الگوی کلی داده‌ها، بررسی وجود داده‌های پرت، ناترازی داده‌ها و... است. در این مرحله علاوه بر آشنایی با داده-ها، گام‌های لازم برای مرحله پیش‌پردازش داده شناسایی خواهدشد.

سوال ۲.۱)

از هر کلاس به صورت تصادفی ۵ نمونه را انتخاب کرده و نمایش دهید (شبیه یک نمودار ۵×۱۰ که هر ردیف مربوط به یکی از کلاس‌ها است).

سوال ۲.۲)

هیستوگرام توزیع کلاس‌ها را رسم کنید. آیا در تعداد نمونه‌ها برای کلاس‌های مختلف ناترازی وجود دارد؟

سوال ۲.۳)

درصورتی که ابعاد داده‌ها با هم متفاوت است، لازم است که همه را یکسان کنید. بررسی کنید و در صورت نیاز تمام تصاویر را به ۲۸×۲۸ تغییر دهید.

سوال ۲.۴)

ورودی شبکه عصبی باید به صورت بردار باشد، بنابراین نیاز است تصاویر را به بردار تبدیل کنید. در نهایت یک بردار با ابعاد (۲۸×۲۸)×۱ یعنی ۷۸۴×۱ خواهید داشت.

سوال ۲.۵)

در این مجموعه‌داده، از قبل زیرمجموعه‌های آموزش و آزمون جدا شده‌اند. در مورد لزوم جداسازی این دو مجموعه، توضیح دهید.

سوال ۲.۶)

ده درصد از داده‌های آموزشی را برای اعتبارسنجی جدا کنید (دقت داشته باشید که مجموعه اعتبارسنجی باید شامل داده‌هایی از همه کلاس‌ها باشد و توزیع آن مشابه داده‌های آموزشی باشد). کاربرد این مجموعه‌داده چیست؟ آیا با وجود داده آزمون، انجام این کار لازم است؟

طراحی شبکه (۲۰ نمره)

در سوال قبل روابط مربوط به انتشار پیشرو و پسرو بررسی و به صورت دستی محاسبه شدند. در این سوال این مراحل پیاده‌سازی خواهند شد. دقت داشته باشید که پیاده‌سازی باید قابلیت تنظیم تعداد لایه‌های پنهان و شمار نورون‌های هر لایه را داشته باشد. برای طراحی مدل اولیه از تنظیمات پیش‌فرض جدول 1 (ستون دوم) استفاده کنید.

نکته: پارامترهای قابل تغییر در جدول 1 باید در فایل config.yaml مقداردهی و تنظیم شوند.

مسیر پیشرو

ابتدا مسیر پیشرو را طراحی کنید. در این مرحله هر لایه با دریافت ورودی، خروجی مربوط به خود را محاسبه می‌کند. این خروجی به عنوان ورودی لایه بعدی استفاده می‌شود. تابع فعال‌ساز لایه‌های پنهان را ReLU و فعال‌ساز لایه آخر را Softmax در نظر بگیرید. از تابع هزینه آنتروپی متقابل (CE[1]) استفاده کنید و سایر پارامترها را مطابق جدول 1 تنظیم کنید.

مسیر پسرو

برای طراحی مسیر پسرو، باید گرادیان تابع هزینه برحسب پارامترهای مدل محاسبه شده و براساس آن به‌روزرسانی وزن‌ها انجام شود. هر لایه با دریافت گرادیان خروجی نهایی شبکه نسبت به خروجی آن لایه، گرادیان خروجی نهایی شبکه نسبت به ورودی و پارامترهایش را محاسبه می‌کند.

در خلال مسیر پسرو و با محاسبه گرادیان خروجی نسبت به پارامترها، از یک روش بهینه سازی برای به روز رسانی پارامترها استفاده می‌شود. با تکرار این روند مدل آموزش داده می‌شود.

[1] Cross-Entropy

جدول ۱- ابرپارامترهای شبکه عصبی

پارامتر	مقدار پیش‌فرض	تغییرات
توزیع اولیه وزن‌ها	$\mu,\sigma,Bias = 0,1,0$	توزیع نرمال
تابع هزینه	CE	CE
دوره[1]	۵۰	۵۰
نرمال‌سازی	بدون نرمال‌سازی	بدون نرمال‌سازی- استانداردسازی
بهینه‌ساز	SGD	SGD - SGD با گشتاور
نرخ یادگیری	1e-3	1e-5, 1e-3, 1e-2,1
اندازه بسته[2]	۳۲	۸، ۳۲، ۱۲۸
تعداد لایه‌های پنهان و نورون‌ها	یک لایه با ۱۶ نورون	یک لایه با ۸ یا ۶۴ نورون دو لایه به ترتیب ۱۶ و ۳۲ نورون

آموزش و ارزیابی مدل (۳۲ نمره)

در ادامه برای هرکدام از قسمت‌های زیر، مدل را آموزش داده و نمودارهای مربوط به تغییرات صحت[3] و زیان[4] روی داده آموزش و اعتبارسنجی را مطابق شکل 1 رسم کنید. همچنین ماتریس درهم‌ریختگی[5] را برای داده اعتبارسنجی به دست بیاورید. در این قسمت گام به گام تلاش می‌کنیم با بهبود پارامترها به بهترین عملکرد برسیم. پس از انجام هر قسمت نمودارهای صحت و زیان و نیز ماتریس درهم‌ریختگی را بررسی کنید و با قسمت‌های قبل مقایسه کنید. تحلیل شما از نتایج مشاهده شده، اهمیت زیادی خواهد داشت.

نکته: پس از اعمال هرکدام از تغییرات، درصورت بهبود، آن تغییر را حفظ کنید. برای مثال اگر تغییر نرخ یادگیری منجر به بهبود نتایج شد، قسمت‌های بعد از آن را با نرخ یادگیری جدید پیش ببرید.

---

[1] Epoch
[2] Batch size
[3] Accuracy
[4] Loss
[5] Confusion Matrix

سوال ۲.۷) مدل پایه

مدل را با ابرپارامترهای ستون پیش‌فرض جدول 1 آموزش دهید و نتایج را ارائه و بررسی کنید.

سوال ۲.۸) تغییر نرخ یادگیری

یکی از ابرپارامترهای مهم در آموزش یک شبکه عصبی، نرخ یادگیری است. پیش‌بینی شما درمورد نرخ یادگیری خیلی کم یا خیلی زیاد چیست؟ موارد 1e-5, 1e-2, 1 را بررسی کنید و نتایج را تحلیل کنید. در این قسمت می‌توانید با توجه به نتایج، یکی از این موارد یا با ارائه توضیح مختصری، عدد مناسب دیگری را انتخاب و برای مراحل بعد استفاده کنید.

سوال ۲.۹) نرمال‌سازی ورودی

یکی از روش‌های پیش‌پردازش انجام نرمال‌سازی و استانداردسازی است، این دو روش را مقایسه کنید و شبکه را با مجموعه استاندارد شده دوباره آموزش دهید و نتایج را تحلیل کنید. با توجه به آنچه در قسمت قبل آموختید ممکن است با انجام این تغییر نیاز به تغییر نرخ یادگیری داشته باشید. در صورت نیاز می‌توانید این کار را با ارائه توضیح مختصر انجام دهید.

سوال ۲.۱۰) اندازه بسته

اندازه بسته را به ۸ و ۱۲۸ تغییر دهید، نتایج را تحلیل کنید. آیا نتایج مطابق انتظارتان بود؟

سوال ۲.۱۱) تابع بهینه‌ساز

به روش بهینه سازی SGD، گشتاور را اضافه کنید و تاثیر آن را در نتایج و روند همگرایی مدل گزارش نمایید.

سوال ۲.۱۲) تعداد نورون‌های شبکه

تعداد نورون‌های لایه میانی را به ۸ و ۶۴ تغییر دهید و نتایج را تحلیل کنید.

سوال ۲.۱۳) تعداد لایه‌های پنهان

تعداد لایه‌ها را به دو لایه با به‌ترتیب ۱۶ و ۳۲ نورون تغییر دهید و نتایج را تحلیل کنید.

سوال ۲.۱۴) بیش‌برازش

درمورد بیش برازش و دلایل آن توضیح دهید. آیا در طی مراحل قبل با این مشکل مواجه بودید؟

چندین راه‌حل مختلف برای مشکل بیش‌برازش وجود دارد که از میان آنها می‌توان به منظم‌سازی و توقف زودهنگام اشاره کرد. توضیح دهید هرکدام از این موارد چگونه به حل این مشکل کمک می‌کنند. هرکدام را پیاده سازی کرده و اثربخشی آن‌ها را به صورت مجزا بررسی و مقایسه کنید.

تحلیل نتایج آزمون (۱۳ نمره)

در بین مدل‌های آموزش داده‌شده در بخش قبل، مدل با بهترین عملکرد را انتخاب کرده و در این قسمت نتایج آن را روی داده آزمون براساس موارد زیر، تحلیل کنید:

سوال ۲.۱۵)

صحت و ماتریس درهم‌ریختگی را برای بهترین مدل روی داده آزمون گزارش کنید.

سوال ۲.۱۶)

صحت مدل برای هر کلاس چقدر بوده؟ تحلیل کنید.

سوال ۲.۱۷)

بیشترین اشتباه مدل در تشخیص کدام کلاس بوده؟ چرا؟

سوال ۲.۱۸)

کدام کلاس‌ها بیشتر با یکدیگر اشتباه گرفته شده‌اند؟ چرا؟

سوال ۲.۱۹)

چند نمونه تصاویری که مدل به اشتباه طبقه‌بندی کرده است را به همراه برچسب واقعی آن‌ها نمایش دهید و درمورد این داده و دلیل احتمالی اشتباه مدل در طبقه‌بندی آنها بحث کنید.

پیاده‌سازی

- به منظورت مدیریت و نگه‌داری منبع کد پیاده‌سازی، ساختاربندی آن **باید** به‌صورت درخت‌واره زیر باشد؛ توضیح مربوط به کارکرد هر فایل و پوشه آورده شده است.

```
homework_code/
├── data/                  # Data-related files
│   ├── data_loader.py     #    Data loading and preprocessing
│   └── dataset/           #    Raw data (if applicable)
├── models/                # Model-related files
│   ├── model.py           #    Define your neural network architecture
│   └── saved_models/      #    Save trained models
├── notebooks/             # Jupyter notebooks (optional)
│   └── exploratory.ipynb  #    Initial data exploration
├── scripts/               # Python scripts
│   ├── main.py            #    Main script to run the entire pipeline
│   ├── train.py           #    Training loop
│   └── evaluate.py        #    Model evaluation
├── config/                # configurations
│   ├── config.yaml        #    Store hyperparameters
│   └── logging.yaml       #    Logging, Checkpoints (optional)
├── utils/                 # Utility functions or helper modules
│   ├── visualization.py   #    Plotting functions
│   └── metrics.py         #    Custom evaluation metrics
├── README.md              # Project documentation (optional)
└── .gitignore             # Git ignore file (optional)
```

- کد شما باید قابلیت اجرا بر روی بخش کوچکی از داده‌ها را داشته باشد تا دستیار آموزشی بتواند در مدت زمان کوتاهی پیاده‌سازی شما را ارزیابی کند.
- از آدرس‌دهی مطلق در کدهای خود استفاده نکنید و به جای آن از آدرس‌دهی نسبی استفاده نمایید.
- توابع و کلاس‌ها باید توضیح داشته باشند. 😐 ☹️
- در صورت مشاهده‌ی موارد همانندی بین دو یا چند فرد در گزارش‌کار و یا کد به طرفین تقلب **نمره صفر** داده خواهد شد. به کپی برداری از کدهای آماده اینترنت، تصویر صفحه[1] یا کد دیگران نمره‌ای تعلق نخواهد گرفت.

[1] Screen Shot

- اگر برای بخشی از پیاده‌سازی، از کدهای آماده اینترنتی استفاده می‌کنید که **جزء قسمتهای اصلی تمرین نمی‌باشد،** حتما باید لینک آن در گزارش و کد ارجاع داده شود. در غیر اینصورت تقلب محسوب شده و کل نمره تمرین را از دست می‌دهید ولی محدودیتی در استفاده از منابع اینترنتی ندارید.

گزارش

- گزارش شما در فرایند تصحیح از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. لذا تمامی نکات و فرض‌هایی که برای محاسبات و پیاده‌سازی خود در نظر می‌گیرید را در گزارش ذکر کنید. دقت داشته باشید که **۵۰ درصد** از نمره تمرین شما مربوط به گزارش است.
- الزامی به ارائه توضیح جزئیات کد در گزارش نمی‌باشد. اما باید نتایج بدست آمده را به‌صورت کامل گزارش و تحلیل کنید.
- گزارش حتما **به فارسی** نوشته و از برابر فارسی لغات استفاده شود[۱]. در صورت تمایل می‌توانید از قالب لیتک[۲] نیز برای نوشتن گزارش استفاده نمایید.
- در گزارش خود برای تصاویر **زیرنویس** و برای جداول **بالانویس** اضافه نمایید و به آن‌ها ارجاع دهید. این توضیحات باید به طور مستقل منظور از شکل یا جدول را برسانند.
- از تصویر صفحه برای گزارش نتیجه یا روابط ریاضی استفاده نشود و نتیجه باید به‌صورت عددی یا جدول آورده شده و روابط ریاضی نیز نوشته شود.
- اگر شکل از منبعی گرفته شده باید ارجاع داده شود و ارجاع‌ها را در یک قالب استاندارد آورده شوند.

بارگذاری

- به زمان تحویل تمرین ها دقت کافی داشته باشید، برای هر تمرین از زمان ارسال دو هفته فرصت پاسخگویی خواهید داشت.
- انجام این تمرین به‌صورت تک نفره است.
- مهلت این تمرین تا یک هفته قبل از اعمال نمرات است.

---

[۱] برای نمونه به جای Epoch، ایپاک یا دوره را به کار برده و در صورت نیاز برابر انگلیسی پانویس شود. فرهنگ لغت دکتر کسایی

[2] Latex

- شما قادر نیستید هیچ تمرینی را با بیش از ۷ روز تاخیر بازگذاری کنید. (دقیقا ۷ روز پس از مهلت بارگذاری، سامانه بسته خواهد شد).
- لطفا برای هر تمرین گزارش، فایل کدها و سایر ضمائم مورد نیاز را با فرمت زیر در صفحه درس در سامانه eLearn بارگذاری نمائید.

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

ارتباط با ما

- در صورت وجود هر گونه ابهام یا مشکل می‌توانید از طریق رایانامه زیر با دستیاران آموزشی در ارتباط باشید.

❖ **Zeinab.yazdani@ut.ac.ir**