



۱. (۱۵٪) [پژوهش - مفاهیم شبکه‌ی عصبی] در درس با مفاهیم مختلف شبکه‌های عصبی آشنا شدید. در این بخش می‌خواهیم برخی مفاهیم دیگر در این حوزه را بررسی کنیم.
- ا. مفهوم تعمیم‌پذیری<sup>۱</sup> و مقاوم بودن<sup>۲</sup> چیست؟ درباره قابلیت تعمیم‌پذیری و مقاوم بودن روش‌های یادگیری ماشینی که تا کنون آموخته‌اید، از جمله شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۳</sup>، ماشین‌های بردار پشتیبان<sup>۴</sup>، Logistic regression و درخت تصمیم<sup>۵</sup> تحقیق کنید و تفاوت‌های آن‌ها را در این زمینه توضیح دهید.
- ب. چه روش‌ها و تکنیک‌هایی برای افزایش تعمیم‌پذیری و مقاوم بودن مدل‌های شبکه عصبی وجود دارد؟ چند مورد از این روش‌ها را توضیح دهید.
- ت. مفهوم یادگیری انتقالی<sup>۶</sup> چیست و چرا در حوزه‌های مختلف کاربرد دارد؟ یک مثال از کاربرد یادگیری انتقالی در شبکه‌های عصبی ارائه دهید و توضیح دهید چگونه می‌توان از مدل‌های از پیش آموزش دیده استفاده کرد.
- ث. درباره مفهوم تفسیرپذیری<sup>۷</sup> در شبکه‌های عصبی تحقیق کنید و دو روش تفسیرپذیری را نام ببرید و توضیح کوتاه بدهید.

۲. (۲۵٪) [پیاده‌سازی - شبکه عصبی MLP] در درس با شبکه‌های عصبی آشنا شدید، در اینجا قصد پیاده‌سازی شبکه‌ی عصبی پرسپترون چند لایه<sup>۸</sup> و آموزش آن را بدون استفاده از کتابخانه‌های یادگیری ماشین داریم.
- (پیاده‌سازی شما باید به صورت ماتریسی باشد.)**

بخش اول: پیاده‌سازی پرسپترون برای مسأله AND

الف) رسم داده‌ها و مرز تصمیم‌گیری

• داده‌های AND:

ورودی $X_1$	ورودی $X_2$	خروجی $Y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

۱. داده‌ها را در فضای دوبعدی رسم کنید.

<sup>1</sup> Generalization  
<sup>2</sup> Robustness  
<sup>3</sup> Artificial neural network  
<sup>4</sup> Support Vector Machine  
<sup>5</sup> Decision Tree  
<sup>6</sup> Transfer Learning  
<sup>7</sup> Interpretability  
<sup>8</sup> Multilayer Perceptron



۲. مرز تصمیم‌گیری<sup>۱</sup> را برای این مسأله رسم کنید.

(ب) طراحی شبکه عصبی برای مسأله AND

۱. برای حل این مسأله با استفاده از یک شبکه عصبی، به چند لایه نیاز داریم؟

۲. یک شبکه عصبی مناسب برای این مسأله طراحی کنید و ساختار آن را رسم کنید. تعداد لایه‌ها و نورون‌ها را مشخص کنید.

۳. نقش هر لایه را در حل مسأله توضیح دهید.

(ج) محاسبه وزن‌ها و بایاس‌ها

۱. وزن‌ها و بایاس‌های شبکه عصبی طراحی‌شده را بدون آموزش و با استفاده از منطق محاسبه کنید.

(د) پیاده‌سازی در پایتون

۱. پیاده‌سازی توابع فعال‌سازی

○ تابع Sign:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{if } x < 0 \end{cases}$$

○ تابع Sigmoid:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

۲. طراحی تابع Forward

○ تابعی که ورودی‌ها را در وزن‌ها ضرب کرده و خروجی شبکه را محاسبه کند (توابع فعال‌ساز را فراموش نکنید).

$$Y = W^T X + b$$

۳. پیاده‌سازی تابع خطا

$$E = \frac{1}{2} \sum_i (y_{\text{pred}} - y_{\text{true}})^2$$

▪  $y_{\text{pred}}$ : خروجی پیش‌بینی شده

▪  $y_{\text{true}}$ : خروجی واقعی

۴. پیاده‌سازی تابع Backward

○ فرمول نحوه بروزرسانی وزن‌ها را محاسبه کنید.

○ تابع Backward را پیاده‌سازی کنید که تغییرات وزن‌ها و بایاس را بر اساس گرادیان خطا محاسبه کند.

۵. پیاده‌سازی تابع Train

<sup>1</sup> Decision Boundary



○ تابعی که آموزش شبکه عصبی را با استفاده از داده‌های آموزش و به‌روزرسانی تکراری وزن‌ها انجام دهد.

۶. گزارش خطا و دقت شبکه

○ خطا و دقت شبکه را روی داده‌های مسأله AND گزارش کنید.

ه) آزمایش شبکه روی داده‌های XOR

۱. شبکه طراحی شده را برای داده‌های XOR آموزش داده و تست کنید. خطا و دقت شبکه را روی داده‌های XOR گزارش کنید.

### بخش دوم: طراحی شبکه عصبی برای مسأله XOR

و) ۱. رسم داده‌ها و ناحیه جداساز

• داده‌های مسأله XOR:

ورودی $X_1$	ورودی $X_2$	خروجی $Y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

۱. داده‌ها را در فضای دوبعدی رسم کنید.

۲. نشان دهید که چرا مسأله XOR با یک پرسپترون ساده قابل حل نیست و مرز تصمیم‌گیری را رسم کنید.

۲. طراحی ساختار شبکه عصبی برای XOR

۱. یک شبکه عصبی با حداقل تعداد، لایه مخفی طراحی کنید.

۲. تعداد لایه‌ها و نورون‌ها را مشخص کنید.

۳. نقش هر لایه را در حل مسأله توضیح دهید.

۴. وزن‌ها و بایاس‌های شبکه را محاسبه کنید.

۳. پیاده‌سازی تمامی بخش‌ها برای شبکه XOR

۱. توابع فعال‌سازی

○ از توابع Sign و Sigmoid که قبلاً پیاده‌سازی شده‌اند، استفاده کنید.

۲. طراحی تابع Forward

○ تابع forward را برای شبکه XOR طراحی کنید که شامل محاسبات در لایه مخفی و خروجی باشد.



۳. پیاده‌سازی تابع خطا

○ از همان فرمول خطای قبلی استفاده کنید.

۴. پیاده‌سازی تابع Backward

○ الگوریتم پس‌انتشار خطا (Backpropagation) را برای به‌روزرسانی وزن‌ها محاسبه کنید

۵. پیاده‌سازی تابع Train

○ شبکه را با استفاده از داده‌های XOR آموزش دهید.

۴. گزارش خطا و دقت شبکه

○ خطا و دقت شبکه را روی داده‌های XOR محاسبه و گزارش کنید.

○ مدل را روی داده‌های AND آموزش داده و نتایج را مقایسه و تحلیل کنید.

### بخش سوم: طراحی شبکه عصبی برای مسأله پیش‌بینی توصیه کالا

از شبکه‌های عصبی که در بخش‌های قبلی طراحی کردید برای مسأله [توصیه کالا](#) استفاده کنید و نتایج را با یک شبکه عصبی MLP از کتابخانه Scikit-Learn مقایسه کنید.

الف) آماده‌سازی داده‌ها

- داده‌ها را دریافت کنید و تمیزسازی‌های اولیه روی مجموعه داده اعمال کنید.
- آیا کلاس‌های این مجموعه داده به صورت متوازن توزیع شده‌اند؟ راه‌حلی برای رفع عدم توازن ارائه دهید
- داده‌ها را به سه بخش آموزش (۶۰٪)، ارزیابی (۲۰٪)، و آزمون (۲۰٪) تقسیم‌بندی کنید.
- داده‌های نظرات و ویژگی‌های متنی محصولات را با استفاده از TF-IDF استخراج کنید.

ب) آموزش شبکه‌های عصبی پیاده‌سازی شده

- از کد شبکه‌های عصبی طراحی شده برای AND و XOR در مسأله توصیه کالا استفاده کنید.
- یک شبکه عصبی تک لایه برای این وظیفه آموزش دهید.
- یک شبکه‌ی عصبی با یک لایه مخفی برای این کار آموزش دهید.

ج) مقایسه با شبکه MLP از Scikit-Learn

- یک مدل MLP با استفاده از MLPClassifier در Scikit-Learn بسازید و آن را با همان داده‌ها آموزش دهید. هایپرپارامترها را مشابه مدل خود تنظیم کنید.

د) تحلیل و مقایسه نتایج

- دقت و خطای هر دو مدل را مقایسه کنید و تحلیل کنید که کدام مدل عملکرد بهتری دارد.



۳. (۳۰٪) [پیاده‌سازی - پیاده‌سازی مدل Skipgram] هدف این سوال تولید بردارهای معنا<sup>۱</sup> برای جانمایی کلمات<sup>۲</sup> در یک دادگان متنی با استفاده از روشی مشابه Word2vec می‌باشد. این فرآیند امکان بررسی روابط معنایی بین کلمات در فضای برداری را فراهم می‌کند. برای تولید این بردارها، از مدل Skipgram استفاده می‌شود.

مدل Skipgram یکی از مهم‌ترین مدل‌ها در یادگیری جانمایی کلمات است و اساساً بر این فرض بنا شده است که کلمات مشابه در زمینه‌های مشابه ظاهر می‌شوند. به عبارت دیگر، این مدل به دنبال آن است که برای هر کلمه، کلمات اطراف آن را پیش‌بینی کند. این امر باعث می‌شود که مدل بتواند معانی دقیق‌تری را از روابط کلمات بیاموزد. برای آشنایی بیشتر با این مدل، می‌توانید [ویدیوهای آموزشی](#) را مشاهده کنید.

الف) مراحل اجرایی:

۱. دریافت دادگان: برای این منظور، می‌توانید از "Chronological Persian Poetry Dataset" استفاده کنید که شامل مجموعه‌ای متنی از اشعار فارسی است.

نحوه دریافت مجموعه‌داده:

- این پیکره را از این مخزن [گیت‌هاب](#) دریافت کنید.
- سپس با استفاده از کد زیر، پیکره را بارگذاری کنید:

```
import pandas as pd
dataset_path = "ChronologicalPersianPoetryDataset/poems.tsv"
dataset = pd.read_csv(dataset_path, sep="\t")
```

۱. پردازش‌های لازم بر روی دادگان:

- تمیز کردن متن: حذف نویزها، کلمات توقف<sup>۳</sup>، نشانه‌ها و کاراکترهای غیرضروری.
- توکن‌سازی<sup>۴</sup>: تقسیم متن به کلمات و توکن‌های مجزا.

۲. ساخت ماتریس‌های جانمایی و زمینه:

- ماتریس جانمایی<sup>۵</sup>: این ماتریس شامل نمایه‌های کلمات است که باید به تعداد کلمات (یا اندازه دیکشنری) سطر داشته باشد.
- ماتریس زمینه<sup>۶</sup>: این ماتریس نیز به همان اندازه کلمات سطر دارد و نمایه‌های زمینه کلمات را نشان می‌دهد.
- طول بردارها: برای هر دو ماتریس، طول بردارهای ویژگی را برابر با ۱۰۰ در نظر بگیرید.

۳. استفاده از تکنیک نمونه‌برداری منفی<sup>۷</sup>: به ازای هر نمونه مثبت، ۴ نمونه منفی تولید کنید. این تکنیک به مدل

<sup>1</sup> Semantic Vector  
<sup>2</sup> Word Embedding  
<sup>3</sup> Stop words  
<sup>4</sup> Tokenization  
<sup>5</sup> Word Matrix  
<sup>6</sup> Context Matrix  
<sup>7</sup> Negative Sampling



کمک می‌کند تا یاد بگیرد کدام کلمات غیرمرتبط هستند و دقت پیش‌بینی‌های آن را بهبود می‌بخشد.

#### ۴. پیاده‌سازی و آموزش مدل Skipgram:

- پیاده‌سازی مدل: مدل Skipgram را با استفاده از داده‌های پردازش شده پیاده‌سازی کنید.
- آموزش مدل: از داده‌های آموزش برای یادگیری بردارهای کلمات استفاده کنید. دقت کنید که فرآیند آموزش به درستی انجام شود و پارامترها بهینه شوند.

(ب) تحلیل نتایج:

**تبدیل PCA و تصویرسازی:** با استفاده از تحلیل PCA، بردار جانمایی کلمات را در دو بعد تصویر کنید. این تصویرسازی به شما کمک می‌کند تا روابط بین کلمات را به صورت بصری مشاهده کنید. بردارهای تفاضل زیر را رسم کنید:

- مرد - زن
- پیرمرد - پیرزن
- حکیم - زن
- یار - زن
- حکیم - مرد
- یار - مرد

**تحلیل معانی:** بررسی کنید که آیا بردارهای تفاضل به درستی روابط معنایی را نشان می‌دهند؟ به عنوان مثال، آیا انتظار دارید که بردار تفاضل "مرد - زن" نزدیک به بردار تفاضل "پیرمرد - پیرزن" باشد؟ چرا؟

**تأثیر فرهنگ و زبان:** تأثیر فرهنگ و زبان: بررسی کنید که آیا نتایج نشان‌دهنده پیش‌داوری‌های اجتماعی یا فرهنگی هستند؟ چگونه می‌توان این اثرات را کاهش داد؟

#### ۴. (۳۰٪) [پیاده‌سازی - مقایسه روش‌های مختلف نمایش برداری] در این تمرین، هدف ما مقایسه عملکرد

روش‌های مختلف استخراج ویژگی برای دسته‌بندی متون فارسی است. برای این منظور، در مجموعه‌داده «EmoPars»، ویژگی‌های متون را با استفاده از روش‌های Word2Vec، TF-IDF، Bag of Words و FastText استخراج می‌کنیم. سپس با به‌کارگیری یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، متون را دسته‌بندی کرده و نتایج را مقایسه می‌کنیم. مراحل انجام تمرین:

#### ۱. دریافت و آماده‌سازی دادگان

- مجموعه داده **تشخیص احساسات** را دریافت کنید (در صورت طولانی شدن فرآیند آموزش می‌توانید از بخش کوچیکتری از این مجموعه‌داده استفاده کنید).
- داده‌ها را به سه بخش آموزش (۶۰٪)، ارزیابی (۲۰٪)، و آزمون (۲۰٪) تقسیم‌بندی کنید.
- پیش‌پردازش متون شامل حذف نویزها، کلمات توقف و انجام توکن‌سازی را انجام دهید.



## ۲. استخراج ویژگی‌ها با روش‌های مختلف

### • Word2Vec:

- بردارهای از پیش آموزش داده‌شده را از [این لینک](#) دریافت کنید.
- برای هر سند، میانگین و جمع بردارهای کلمات آن را محاسبه کرده و به‌عنوان نمایش برداری سند استفاده کنید.

### • TF-IDF:

- از کتابخانه‌هایی مانند sklearn، TF-IDF اسناد را بدست آورید

### • Bag of Words:

- با استفاده از کتابخانه‌هایی مانند sklearn، این نوع ویژگی ایجاد کنید.

### • FastText:

- مفهوم این روش را بررسی کرده و تفاوت آن را با Word2Vec بیان کنید.
- بردارهای از پیش آموزش داده‌شده را از [این لینک](#) دریافت کنید.
- مانند Word2Vec، میانگین و جمع بردارهای کلمات هر سند را محاسبه کنید.

## ۳. ایجاد و آموزش مدل شبکه‌ی عصبی چند لایه

- یک شبکه عصبی با یک لایه مخفی طراحی کنید. تعداد نورون‌های لایه مخفی را برابر با میانگین تعداد نورون‌های ورودی و خروجی در نظر بگیرید.
- مدل را برای هر روش استخراج ویژگی (Word2Vec، TF-IDF، Bag of Words، FastText) به صورت جداگانه آموزش دهید

## ۴. ارزیابی و مقایسه نتایج

- مدل‌های آموزش‌دیده را بر روی داده‌های تست ارزیابی کنید و ماتریس درهم‌ریختگی<sup>۱</sup> را نمایش دهید.
- نمودار دقت و خطا را در طول آموزش برای داده‌های آموزش و ارزیابی رسم کنید.
- نتایج به‌دست‌آمده از هر روش را با یکدیگر مقایسه کرده و تحلیل کنید که کدام روش عملکرد بهتری در دسته‌بندی متون داشته است.

نکات مهم:

- در هنگام استفاده از بردارهای از پیش آموزش داده‌شده، توجه داشته باشید که این بردارها ممکن است با دامنه متون شما کاملاً همخوانی نداشته باشند.

<sup>1</sup> Confusion matrix

بر نام خدا

روش‌های یادگیری ماشین در پردازش زبان طبیعی (۸۳۰۴۳۶۸)  
نیم‌سال اول ۱۴۰۳-۱۴۰۴



دانشگاه سازه‌های هوشمند

تاریخ تحویل:  
۱۴۰۳/۰۹/۱۶

تمرین شماره ۴

- 
- در روش‌های Word2Vec و FastText، استفاده از میانگین و جمع بردارهای کلمات به‌عنوان نمایش سند می‌تواند نتایج متفاوتی ارائه دهد؛ لذا هر دو روش را تست و مقایسه کنید.