فهرست

1.....

پرسش ۱. تشخیص تقلب در کارت‌های اعتباری با استفاده از شبکه‌های عصبی چندلایه (MLP).....3

۱-۱ . مقدمه 3

۱-۲. پیشپردازش و بررسی دادگان (۱۰ نمره) 3

۱-۳ . طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه MLP ساده (۲۰ نمره) 4

۱-۴. طراحی یک شبکه عصبی MLP عمیق‌تر (۲۰ نمره) 5

۱-۵. تحلیل ماتریس آشفتگی و معیارهای ارزیابی (۱۵ نمره) 5

۱-۶ . جست و جوی بهترین هایپرپارامترها شبکه یک لایه مخفی با روش حریصانه (Grid search) (۲۰ نمره) 6

۱-۷. مقایسه‌ی مدل MLP با مدل Logistic Regression (۱۰ نمره امتیازی).....6

۱-۸. جمعبندی (۱۵ نمره) 6

پرسش ۲ . طراحی شبکه عصبی چندلایه در مسئله رگرسیون مقاومت بتن 7

۲-۱. مقدمه 7

۲-۲. آماده‌سازی دادگان و تحلیل آماری (۳۰ نمره) 7

۲-۳. پیاده‌سازی مدل شبکه عصبی چندلایه (۲۵ نمره) 7

۲-۴. بررسی تغییرات تنظیمات مدل (۳۰ نمره).....8

۲-۵. جمعبندی (۱۵ نمره) 8

پرسش ۳. پیاده‌سازی Adaline برای دیتاست IRIS 10

۳-۱. مقدمه 10

۳-۲. آشنایی با Adaline (15 نمره).....10

۳-۳ . آماده‌سازی دادگان (10 نمره).....10

۳-۴. پیاده‌سازی و آموزش مدل Adaline (40 نمره) 11

۳-۵. نمایش و تحلیل نتایج (35 نمره) 11

پرسش ۴ . آموزش اتوانکودر و طبقه‌بندی با دیتاست MNIST..... 13
۴-۱. مقدمه..... 13
۴-۲. دانلود و پیش‌پردازش داده‌ها (۵ نمره)..... 13
۴-۳. طراحی و پیاده‌سازی مدل (۶۰ نمره)..... 13
۴-۴. نتایج و تحلیل (۴۰ نمره)..... 15

پرسش ۱. تشخیص تقلب در کارت‌های اعتباری با استفاده از شبکه‌های عصبی چندلایه (MLP)

۱-۱ . مقدمه

در این تمرین، یک شبکه عصبی چندلایه (MLP) برای تشخیص تراکنش‌های تقلبی طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی خواهید کرد. ابتدا داده‌های تراکنش‌ها را بررسی و پیش‌پردازش می‌شوند، سپس مدل‌های مختلفی از شبکه عصبی را طراحی کرده و عملکرد آن‌ها را تحلیل می‌شود. علاوه بر این، ماتریس آشفتگی و معیارهای ارزیابی مانند دقت، بازخوانی، F1-score و AUC-ROC محاسبه و بررسی خواهد شد تا میزان کارایی مدل سنجیده شود. در نهایت، با جستجوی هایپرپارامتری، بهینه‌ترین تنظیمات را برای مدل انتخاب شده و تفاوت عملکرد مدل‌ها را مقایسه و تحلیل خواهند شد.

۱-۲. پیشپردازش و بررسی دادگان (۱۰ نمره)

1) مجموعه داده Credit Card Fraud Detectionرا از کَگل (Kaggle) دانلود و در گوگل کولب بارگذاری کنید.

(لینک دادگان : https://www.kaggle.com/datasets/mlg-ulb/creditcardfraud)

2) خلاصه‌ای از داده‌ها نمایش دهید.

3) نمودار میله‌ای (Bar Chart) از توزیع کلاس‌ها رسم کنید تا عدم‌تعادل داده‌ها مشخص شود.

4) توضیح دهید که چرا عدم تعادل کلاس‌ها برای مدل‌سازی چالش‌برانگیز است.

5) ویژگی‌ها را با استفاده از StandardScaler یا MinMaxScaler نرمال‌سازی کنید.

6) مجموعه داده را به‌صورت ٪۷۰ آموزش و ٪۳۰ تست تقسیم کنید (با حفظ تعادل کلاس‌ها).

۱-۳ . طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه MLP ساده (۲۰ نمره)

1) یک شبکه عصبی با یک لایه مخفی طراحی کنید:
   - ورودی: تعداد ویژگی‌ها برابر با داده‌های ورودی
   - لایه مخفی: دارای 64 نورون با تابع فعالساز ReLU
   - Dropout: پس از لایه مخفی یک بار بدون استفاده از Dropout و یک بار با استفاده از Dropout با مقدار 30 درصد استفاده کنید.
   - منظم سازی L2: مقدار $\lambda = 0.0001$ یک بار استفاده از منظم سازی و یک بار بدون استفاده از منظم سازی
   - لایه خروجی یک نورون (میتوانید از تابع فعالساز sigmoid استفاده کنید)
2) آموزش مدل:
   - تابع هزینه دلخواه (می‌توانید از Binary Cross-Entropy استفاده کنید)
   - بهینه‌ساز Adam
   - اندازه دسته (Batch Size) برابر 32
   - تعداد 40 ایپاک
   - نمودارهای تغییرات Accuracy , loss در حین آموزش را رسم کنید.
3) ارزیابی:
   - ماتریس آشفتگی را نمایش دهید و تحلیل کنید.
   - دقت(Accuracy) ، دقت کلاس مثبت(Precision) ، بازخوانی (Recall) و F1-Score را محاسبه کنید و تحلیل کنید.
   - منحنی ROC و مقدار AUC را رسم کنید.

۱-۴. طراحی یک شبکه عصبی MLP عمیق‌تر (۲۰ نمره)

1) یک شبکه MLP با دو لایه مخفی طراحی کنید:
   - لایه مخفی اول: دارای 128 نورون با ReLU
   - لایه مخفی دوم: دارای 64 نورون با ReLU
   - Dropout مقدار 20 درصد پس از هر لایه مخفی
   - منظم سازی L2 با $\lambda = 0.0001$
2) آموزش و ارزیابی مدل: مانند بخش قبل.
3) نتایج مدل را با مدل بخش قبل مقایسه کنید.

۱-۵. تحلیل ماتریس آشفتگی و معیارهای ارزیابی (۱۵ نمره)

- دقت :(Accuracy) چه چیزی را اندازه می‌گیرد؟ چرا در داده‌های نامتوازن معیار مناسبی نیست؟
- Precision: چرا در تشخیص تقلب مهم است؟
- بازخوانی (Recall) : مقدار بالا یا پایین آن چه معنایی دارد؟
- F1-score: چرا بهتر از دقت معمولی است؟
- منحنی ROC و :AUC مقدار AUC چه چیزی را نشان می‌دهد؟
- در ماتریس آشفتگی، کدام کلاس بیشتر اشتباه طبقه‌بندی شده است؟ (برای هر دو مدل بخش‌های قبل بیان کنید)
- بین دقت و بازخوانی چه تبادلی (Trade-off) وجود دارد؟

۱-۶ . جست و جوی بهترین هایپرپارامترها شبکه یک لایه مخفی با روش حریصانه (Grid search) (۲۰ نمره)

جستجوی شبکه‌ای (Grid Search) یا تصادفی (Random Search) را برای تنظیمات زیر انجام دهید:

- تعداد نورون‌های لایه مخفی: 64 و 128 و 256
- میزان Dropout: 0.2 و 0.3 و 0.4
- منظم سازی : 0.001 و 0.0001
- اندازه دسته: 16 و 32 و 64

بهترین ترکیب راب پیدا کنید و آموزش دهید و مدل را ارزیابی کنید.

۱-۷. مقایسه‌ی مدل MLP با مدل Logistic Regression (۱۰ نمره امتیازی)

1) یک مدل رگرسیون لجستیک روی همان داده‌ها آموزش دهید.
2) نتایج این مدل را با بهترین مدل MLP مقایسه کنید
3) یافته‌های خود را تحلیل کنید:

- آیا یادگیری عمیق به‌طور قابل توجهی بهتر از رگرسیون لجستیک است؟
- در چه شرایطی ممکن است رگرسیون لجستیک بهتر باشد؟

۱-۸. جمعبندی (۱۵ نمره)

- کدام مدل بهترین عملکرد را داشت و چرا؟
- افزودن لایه‌های بیشتر چه تأثیری روی عملکرد مدل داشت؟
- بهینه‌سازی پارامترها چگونه بر نتیجه مدل تأثیر گذاشت؟
- میزان خطای مدل چقدر بود و علت اصلی آن چه بود؟
- براساس جدول آشفتگی، مدل بیشتر در کدام کلاس‌ها اشتباه کرده است؟
- بین دقت و بازخوانی چه رابطه‌ای وجود دارد و چرا در تشخیص تقلب مهم است؟
- مقایسه مدل‌ها: آیا مدل پیچیده‌تر عملکرد بهتری داشت یا فقط محاسبات را افزایش داد؟
- چه روش‌هایی برای بهبود عملکرد مدل پیشنهاد می‌شود؟
- مهم‌ترین چالش‌های تشخیص تقلب در داده‌های واقعی چیست؟
- اگر مدل را دوباره طراحی کنید، چه تغییری در آن ایجاد می‌کنید؟

پرسش ۲ . طراحی شبکه عصبی چندلایه در مسئله رگرسیون مقاومت بتن

۲-۱. مقدمه

در این مسئله، دانشجویان یک شبکه عصبی چندلایه (MLP) را برای پیش‌بینی مقاومت بتن طراحی کرده و تأثیر تغییر تنظیمات مختلف مانند تعداد ایپاک‌ها ، بهینه‌ساز و تابع هزینه را روی عملکرد مدل بررسی خواهند کرد. علاوه بر این، آن‌ها ویژگی‌های آماری داده‌ها را تحلیل خواهند شد تا درک بهتری از روابط میان ورودی‌ها و خروجی حاصل شود.

۲-۲. آماده‌سازی دادگان و تحلیل آماری (۳۰ نمره)

1) مجموعه داده Concrete Strength Dataset را از طریق لینک زیر دریافت کنید.
   - لینک دادگان
2) بررسی دادگان
   - نمایش خلاصه آماری (میانگین، انحراف معیار، بیشینه و کمینه برای هر ویژگی)
   - رسم نمودار هیستوگرام برای هر ویژگی
3) بررسی همبستگی ویژگی‌ها با مقاومت بتن
   - ماتریس همبستگی را رسم کنید.
   - نمودار Scatter برای ویژگی‌های کلیدی را رسم کنید.
4) کدام ویژگی بیشترین همبستگی را با مقاومت بتن دارد؟
5) آیا ویژگی‌هایی وجود دارند که همبستگی قوی با یکدیگر داشته باشند؟
6) آیا می‌توان بر اساس این تحلیل برخی ویژگی‌ها را حذف کرد؟ چرا؟
7) در صورت حذف ویژگی‌ها با همبستگی کم یا زیاد چه اتفاقی می‌افتد؟

۲-۳. پیاده‌سازی مدل شبکه عصبی چندلایه (۲۵ نمره)

یک مدل MLP ثابت با ساختار زیر تعریف کنید:

- لایه ورودی : متناسب با تعداد ویژگی‌های داده
- یک لایه مخفی (با تعداد نورون‌های 16 و 32 آموزش دهید و مدل بهتر را در انتهای این بخش گزارش کنید)
- لایه خروجی: یک نورون با مقدار عددی

مدل را با تنظیمات زیر آموزش دهید:

- تابع هزینه میانگین خطای مربعات MSE
- بهینه‌ساز Adam
- تعداد ایپاک 50

ارزیابی مدل:

- نمایش MSE و MAE روی داده‌های تست
- رسم نمودار تغییرات خطا و دقت

۲-۴. بررسی تغییرات تنظیمات مدل (۳۰ نمره)

در این بخش ابتدا مدل بهتر از بخش قبل را انتخاب کنید. سپس موارد زیر را بررسی کنید.

1) تاثیر تعداد ایپاک‌ها
   - مدل را با 20، 50 و 100 ایپاک آموزش دهید.
   - آیا افزایش تعداد ایپاک‌ها همواره باعث بهبود نتایج می‌شود؟
2) مقایسه توابع هزینه
   - مدل را با توابع هزینه MAE, MSE, Huber Loss آموزش دهید.
   - کدامیک عملکرد بهتری داشت؟ چرا؟
   - در مورد هرکدام به اختصار توضیح دهید.
3) مقایسه توابع بهینه‌ساز
   - مدل را با توابع بهینه‌ساز RMSprop, Adam, SGD آموزش دهید.
   - تفاوت عملکرد هرکدام را نشان دهید و با استفاده از نمودار خطا و دقت تحلیل کنید.

۲-۵. جمعبندی (۱۵ نمره)

نتایج حاصل را تحلیل کنید و دلایل تفاوت‌ها را یک به یک بررسی کنید و به سوالات زیر پاسخ دهید.

- کدام ویژگی بیشترین تأثیر را روی مقاومت بتن دارد؟ آیا این ویژگی منطقی است؟
- بهترین تنظیمات برای این مدل چه بود؟
- آیا افزایش تعداد ایپاک همیشه باعث بهبود مدل شد؟
- کدام تابع هزینه دقت بیشتری داشت؟ چرا؟
- بین بهینه‌سازها، کدام سریع‌تر همگرا شد؟
- مهم‌ترین چالش‌های مدل‌سازی رگرسیون با شبکه عصبی چه بودند؟

پرسش ۳. پیاده‌سازی Adaline برای دیتاست IRIS

۳-۱. مقدمه

هدف از این تمرین، آشنایی با مدل Adaline (Adaptive Linear Neuron) و Madline به‌عنوان یکی از ساختارهای اولیه شبکه‌های عصبی و درک نحوه عملکرد آن در مسائل دسته‌بندی است. در این تمرین، شما مدل Adaline را پیاده‌سازی کرده و آن را روی زیرمجموعه‌ای از دیتاست Iris برای دسته‌بندی دو کلاس Setosa و Versicolor آزمایش خواهید کرد. همچنین، تحلیلی از عملکرد مدل ارائه خواهید داد.

۳-۲. آشنایی با Adaline (15 نمره)

به‌صورت خلاصه به سوالات زیر پاسخ دهید:

1. الگوریتم های Madaline و Adaline را توضیح دهید.
2. توضیح دهید که تفاوت اصلی Madaline و MLP چیست؟

۳-۳ . آماده‌سازی دادگان (10 نمره)

در این بخش، دیتاست Iris را برای دسته‌بندی دو کلاسی آماده کنید:

۱. دانلود دیتاست:

- دیتاست Iris را از sklearn.datasets.load_iris دانلود کنید.

۲. انتخاب زیرمجموعه:

- فقط دو کلاس Setosa و Versicolor را نگه دارید (کلاس Virginica را حذف کنید).
- از ویژگی‌های petal length و petal width استفاده کنید

۳. آماده‌سازی و تقسیم داده‌ها:

- داده‌ها را نرمال‌سازی کنید (به بازه [0, 1]).
- داده‌ها را به دو بخش آموزش (70٪) و تست (30٪) تقسیم کنید

۳-۴. پیاده‌سازی و آموزش مدل Adaline (40 نمره)

در این بخش، الگوریتم Adaline را پیاده‌سازی کرده و با داده‌های آموزش، آموزش دهید::

۱. پیاده‌سازی الگوریتم Adaline:

- تابعی در پایتون بنویسید که الگوریتم Adaline را پیاده‌سازی کند.

- ورودی تابع:
  - ابعاد شبکه (تعداد نورون‌ها در لایه ورودی و خروجی).
  - نرخ یادگیری
  - تعداد epochها.

- خروجی تابع:
  - وزن‌ها و بایاس ها در هر epoch.
  - خطا در هر epoch.
  - دقت روی داده‌های آموزش در هر epoch.

۲. آموزش مدل با نرخ های یادگیری متفاوت

- الگوریتمی پیاده‌سازی شده در بخش قبل را با سه نرخ یادگیری ۰.۰۲ و ۰.۰۰۵ و ۰.۰۰۱ آموزش دهید. مقادیر اولیه وزن‌ها را تصادفی مقداردهی کنید و هر یک از مدل ها را تا 10 epoch آموزش دهید.

۳. ذخیره نتایج:

- خطا و دقت برای هر سه مدل و برای هر epoch ذخیره کنید.

۳-۵. نمایش و تحلیل نتایج (35 نمره)

نتایج را به‌صورت بصری و تحلیلی ارائه دهید:

۱. نمایش خط جداکننده:

- خطوط جداکننده را برای هر سه مدل روی داده‌های آموزش و تست (در فضای petal length و petal width) رسم کنید. (در مجموع یک نمودار برای دادگان آموزش و یک نمودار برای روی دادگان تست)

۲. نمودار خطا و دقت:

- دو نمودار رسم کنید:
  - خطا بر حسب epoch برای هر یک از مدل ها.
  - دقت بر حسب epoch برای هر یک از مدل ها.

۳. تحلیل نتایج:

- به سؤالات زیر پاسخ دهید:
  - آیا هر سه مدل همگرا شد؟ اگر خیر، چه عواملی مؤثر بودند؟
  - تأثیر جداسازی خطی داده‌ها بر عملکرد Adaline چیست؟ در صورتی که دادگان بصورت خطی جدا پذیر نباشد عملکرد این الگوریتم چگونه خواهد بود؟
  - تأثیر نرخ یادگیری در عملکرد مدل را تحلیل کنید.

پرسش ۴ . آموزش اتوانکودر و طبقه‌بندی با دیتاست MNIST

۴-۱. مقدمه

در این تمرین، شما یک اتوانکودر (Autoencoder) را برای یادگیری نمایان‌سازی فشرده از تصاویر دست‌نویس دیتاست MNIST آموزش می‌دهید و سپس از بخش انکودر آن به همراه یک لایه feed forward برای طبقه‌بندی اعداد (۰ تا ۹) استفاده خواهید کرد. هدف این است که تأثیر اندازه‌ی فضای نهان بر بازسازی تصاویر و دقت طبقه‌بندی را بررسی کنید.

دیتاست: دیتاست MNIST شامل ۷۰,۰۰۰ تصویر دست‌نویس (۶۰,۰۰۰ آموزشی و ۱۰,۰۰۰ تست) از اعداد ۰ تا ۹ است. هر تصویر ۲۸×۲۸ پیکسل (۷۸۴ ویژگی) و سیاه‌وسفید است.

۴-۲. دانلود و پیش‌پردازش داده‌ها (۵ نمره)

دادگان آموزش و تست را بارگذاری کنید و آن‌ها را پیش پردازش کنید. این دیتاست از طریق TensorFlow (tf.keras.datasets.mnist) یا PyTorch (torchvision.datasets.MNIST) قابل دسترسی است.

- مقادیر پیکسل‌ها را از [۰, ۲۵۵] به [۰, ۱] نرمال‌سازی کنید.
- تصاویر را به بردارهای ۷۸۴بعدی تبدیل کنید.

۴-۳. طراحی و پیاده‌سازی مدل (۶۰ نمره)

در این بخش، دو مدل اتوانکودر با اندازه‌های مختلف فضای نهان، طراحی و آموزش می‌دهید.

بخش اول: اتوانکودرها

هر دو مدل اتوانکودر را پیاده‌سازی کنید و روی دادگان آموزشی، آموزش دهید.

- مدل اول: اتوانکودر با ۸ نورون خروجی انکودر
  - معماری (تعداد نورون ها و تابع فعال ساز در هر لایه به ترتیب مشخص شده اند):
    - انکودر: : ۷۸۴ , 128 (ReLU) , ۸ (ReLU).
    - رمزگشا: ۸ , 128 (ReLU) , 784 (Linear).

- تنظیمات آموزش:
  - تابع خطا: MSE.
  - تعداد ایپاک های آموزش: حداقل ۲۰

- مدل دوم: اتوانکودر با ۴ نورون خروجی انکودر
  - معماری:
    - انکودر: ۷۸۴, 128 (ReLU) , ۴ (ReLU)
    - رمزگشا: ۴ , 128 (ReLU) , 784 (Linear).
  - تنظیمات آموزش: مشابه مدل اول

بخش دوم: طبقه‌بندی با انکودر

- انکودر های آموزش دیده در بخش قبلی را با لایه feed forward ترکیب کنید و روی داده‌های آموزشی با برچسب آموزش دهید.
  - انکودر آموزش دیده بخش قبل بصورت فریز شده
  - لایه feed forward:
    - برای مدل ۸ نورونی: ۸ , ۴ (ReLU) , ۲ (Softmax).
    - برای مدل ۴ نورونی: ۴ , ۲ (Softmax).
  - تنظیمات آموزش:
    - تابع خطا: Cross-Entropy Loss
    - تعداد ایپاک های آموزش: حداقل ۲۰

دقت کنید در بخش دوم آموزش، انکودر فریز شده و وزن های آن تغییر نمی کند.

۴-۴. نتایج و تحلیل (۴۰ نمره)

۱. **نتایج:**

- نمودار خطای بازسازی (MSE) انکودر ها را روی دادگان آموزش برحسب ایپاک رسم کنید.

- دقت (Accuracy) هر مدل (اتوانکودر + طبقه‌بندی) را روی داده‌های آموزش و دادگان تست محاسبه کنید و نمودار آن را برحسب ایپاک رسم کنید
- تعداد پارامترهای هر مدل (انکودر + رمزگشا و انکودر + طبقه‌بندی) را گزارش دهید.

۲. **تحلیل و مقایسه:**

- مقایسه خطای بازسازی: مدل با ۸ نورون بهتر بازسازی کرد یا ۴ نورون؟ چرا؟
- مقایسه دقت طبقه‌بندی: کدام اندازه فضای نهان (۸ یا ۴) عملکرد بهتری داشت؟ آیا کاهش ابعاد بیش از حد به دقت آسیب زد؟
- مقایسه تعداد پارامترها: تأثیر تعداد پارامترها بر عملکرد چیست؟
- آیا نشانه‌هایی از بیش‌برازش مشاهده کردید؟ چگونه می‌توان آن را کاهش داد؟
- (امتیازی 5 نمره) با توجه به نتایج بدست آمده برای بهبود عمل‌کرد، مدل جدیدی پیشنهاد داده و آموزش دهید. برای مثال می‌تواند معماری اتوانکودر را تغیر دهید.