



پرسش 1: تحلیل و طراحی شبکه‌های عصبی چندلایه (MLP)

مقدمه

در دنیای مدرن یادگیری عمیق، طراحی و آموزش شبکه‌های عصبی به یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در حوزه یادگیری ماشین تبدیل شده است. مجموعه داده‌های پیچیده‌ای مانند Fashion-MNIST، که شامل تصاویر دست‌نویس از پوشاک است، به عنوان یک استاندارد مرجع برای ارزیابی مدل‌های مختلف شبکه عصبی استفاده می‌شود. در این راستا، پارامترهایی همچون تعداد لایه‌های مخفی، تعداد نودها، استفاده از تکنیک‌هایی مانند Dropout و Regularization، و انتخاب بهترین روش بهینه‌سازی، نقش مهمی در دستیابی به عملکرد بهینه مدل دارند. در این سوالات، طراحی و آموزش مدل‌های شبکه عصبی با تنظیمات مختلف بررسی شده و تأثیر تنظیمات گوناگون هایپرپارامترها، منظم‌کننده‌ها و روش‌های بهینه‌سازی بر روی مجموعه داده Fashion-MNIST تحلیل می‌شود. در این مسیر، از ماتریس آشفتگی به عنوان ابزاری برای بررسی دقیق اشتباهات مدل در تشخیص کلاس‌ها استفاده می‌شود و همچنین روش‌های جستجوی هایپرپارامترها مانند جستجوی بیزی و تصادفی مورد توجه قرار می‌گیرند تا بهترین ترکیب از تنظیمات را انتخاب کنند. این سوالات به شما کمک می‌کنند تا تفاوت‌های کمی و کیفی بین مدل‌های مختلف را درک کرده و از نتایج آن برای بهبود دقت و عملکرد کلی مدل‌ها استفاده کنید.

1-1. طراحی شبکه عصبی چندلایه (25 نمره)

یک شبکه عصبی چندلایه (MLP) برای مجموعه داده‌ی Fashion-MNIST طراحی کنید که شامل یک لایه مخفی با 100 نود و تابع فعال‌سازی ReLU باشد. علاوه بر این، از یک لایه Dropout با نرخ 30% و L2 Regularizer با ضریب $\lambda = 0.0001$ استفاده کنید. این مدل را آموزش دهید و به کمک کتابخانه Seaborn یا یک کتابخانه مشابه، یک Heatmap از ماتریس آشفتگی تولید کنید. برای هر کلاس، کلاسی را که بیشتر با آن اشتباه گرفته می‌شود را پیدا کرده و لیست کنید.

1-2. آموزش دو مدل متفاوت (20 نمره)

دو مدل متفاوت با تنظیمات زیر بر روی مجموعه داده Fashion-MNIST آموزش دهید:

1. مدل اول یک لایه مخفی با 128 نود و بدون منظم کننده و Dropout

2. مدل دوم یک لایه مخفی با 48 نود و Dropout با $\text{rate} = 0.2$ و L2 Regularizer با ضریب

$$\lambda = 0.0001$$

برای هر دو مدل از بهینه ساز Stochastic Gradient Descent استفاده کرده و هر دو را به مدت 40 دوره آموزش دهید. برای هر مدل، دو هیستوگرام از وزن‌های هر لایه (لایه ورودی و لایه مخفی) تولید کنید.

1-3. الگوریتم بازگشت به عقب (25 نمره)

از الگوریتم بازگشت به عقب (Back-propagation) با استفاده از چندین روش بهینه سازی (3 مورد) مانند Adam، Nadam و RMSprop برای آموزش شبکه های عصبی بر روی Fashion-MNIST استفاده کنید و نحوه عملکرد و سرعت همگرایی و دقت کلی آن‌ها را بررسی کنید.

1-4. بررسی ابرپارامترهای مختلف (30 نمره)

اثر تنظیمات هایپرپارامترهای مختلف (۳مورد) مانند نرخ یادگیری و تعداد نوروں‌ها در لایه‌های مخفی بر روی شبکه عصبی برای Fashion-MNIST را بررسی کنید. برای هر ابرپارامتر، حداقل سه حالت متفاوت را امتحان کنید و برای آن نمودارهای Loss و Accuracy بکشید. در نظر داشته باشید معماری این قسمت ثابت نیست و بر اساس نتایج در قسمت‌های قبلی می‌توانید معماری خود را انتخاب کنید و انتخاب معماری خوب هم شامل نمره می‌باشد. از نتایج ماتریس آشفتگی برای بررسی دقیق تر کلاس‌هایی که بیشتر اشتباه گرفته می‌شوند، استفاده کنید و تحلیل کنید تغییر هر کدام از هایپرپارامترها چه تغییری روی کلاس‌هایی که باهم اشتباه گرفته می‌شوند دارد؟ درباره علت این موضوع تحقیق و بررسی کنید.

پرسش 2: Madaline و Adaline

مقدمه

در حوزه‌ی شبکه‌های عصبی مصنوعی، Adaline و Madaline دو مدل کلاسیک و مهم هستند که به‌عنوان پیشگامان یادگیری ماشین شناخته می‌شوند.

Adaline یک مدل پرسپترون تک‌لایه است که از یک تابع فعال‌سازی خطی برای پردازش داده‌ها استفاده می‌کند. برخلاف پرسپترون ساده که از تابع پله‌ای برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کند، Adaline از تابع خطای مربعات میانگین (MSE) بهره می‌برد و از روش کمترین مربعات (LMS) برای به‌روزرسانی وزن‌ها استفاده می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود که Adaline توانایی بهتری در یادگیری الگوهای خطی داشته باشد.

در ادامه، Madaline به‌عنوان نسخه‌ی چندلایه‌ی Adaline معرفی شد که می‌تواند مسائل پیچیده‌تری را مدل‌سازی کند. این مدل اولین شبکه‌ی عصبی چندلایه‌ای بود که از یک الگوریتم یادگیری نظارت‌شده، معروف به قانون یادگیری I Madaline Rule، برای تنظیم وزن‌ها استفاده می‌کرد. هدف اصلی Madaline، بهبود قابلیت یادگیری شبکه‌های عصبی و حل مسائل غیرخطی بود.

1-2. Adaline

در این بخش با استفاده از روش Adaline یک شبکه عصبی آموزش داده خواهد شد که در مجموعه داده [Wine](#) (که از ۳ نوع شراب مختلف به نام‌های Class 1، Class 2 و Class 3 تشکیل شده)، نوع Class 1 را از سایر دسته‌ها تشخیص دهد.

الف) ابتدا نمودار پراکندگی داده‌ها را در دو بعد رسم کنید (برای سادگی از دو ویژگی اول یعنی Alcohol و Malic Acid استفاده شود)، سپس یک شبکه Adaline روی این داده‌ها آموزش دهید. همچنین در این گام آموزش، نمودار تغییرات خطا، یعنی $\frac{1}{2}(target - net)^2$ را رسم نمایید. (30 نمره)

ب) حال این کار را برای نوع شراب Class 2 انجام دهید (بدین معنی که مجموعه داده را به دو بخش Class 2 و Non-Class 2 تقسیم کرده و آموزش بر روی این داده‌ها انجام دهید. سپس دلیل خوب یا بد جدا شدن داده‌ها نسبت به بخش الف را توضیح دهید. (20 نمره)

Madaline .2-1

در این بخش به پیاده سازی شبکه Madaline بر روی یک مجموعه داده مصنوعی پرداخته میشود. ابتدا درباره الگوریتم‌های MR1 و MR2 تحقیق کرده و آن‌ها را بررسی کنید.

برای آموزش از مجموعه داده مصنوعی، مطابق با آنچه در کد زیر نشان داده شده استفاده کنید. با استفاده از یکی از الگوریتم‌های MR1 و یا MR2، شبکه را آموزش دهید. سپس با تعداد نوروهای متفاوت (یک بار ۳ نرون، یک بار ۵ نرون و یک بار ۸ نرون) نقاط را از هم جدا کنید. نهایتاً دقت جداسازی را در همه حالات نمایش دهید. (۵۰ نمره)

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.datasets import make_gaussian_quantiles
from sklearn.model_selection import train_test_split
np.random.seed(42)

X, y = make_gaussian_quantiles(n_samples=300, n_features=2, n_classes=2,
                                random_state=42)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
                                                    random_state=42)

plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.scatter(X[:, 0], X[:, 1], c=y, cmap=plt.cm.Paired, marker='o',
            edgecolors='k')
plt.title('Nonlinear Separable Data (make_gaussian_quantiles)')
plt.xlabel('Feature 1')
plt.ylabel('Feature 2')
plt.show()
```

پرسش 3: MLP

3-1. نمایش تعداد ستون

یک مجموعه داده حاوی قیمت خانه در اختیار شما قرار گرفته است. فایل Question3.csv را بخوانید و تعداد Nan های هر ستون را نمایش دهید. (8 نمره)

3-2. ماتریس همبستگی

Correlation matrix را رسم کنید. کدام ویژگی‌ها همبستگی بیشتری با قیمت دارند؟ (8 نمره)

3-3. رسم نمودار

نمودار توزیع قیمت و نمودار قیمت و ویژگی که Correlation بیشتری با قیمت دارد را رسم کنید. (8 نمره)

3-4. پیش پردازش داده

ستون date را به دو ستون ماه و سال تبدیل کنید و این ستون را حذف کنید. (8 نمره)
سپس داده‌ها را به دو بخش آموزش و اعتبارسنجی (25 درصد برای اعتبارسنجی) دسته بندی کنید. (8 نمره)
با استفاده از MinMaxScaler، داده های آموزش و اعتبارسنجی را به طور جداگانه scale کنید. (دقت کنید که برای scale کردن داده های آموزش نباید از داده های اعتبارسنجی استفاده کنید، زیرا این امر منجر به data leakage خواهد شد.) (8 نمره)

3-5. پیاده سازی مدل

در این مرحله دو MLP، یکبار با یک لایه پنهان و یکبار با دو لایه پنهان برای پیش بینی قیمت خانه پیاده کنید. (8 نمره)

3-6. آموزش مدل

optimizer و loss function مناسب را انتخاب کنید. (8 نمره)
هر کدام از دو مدل را به تعداد epoch مناسب train کنید و نمودار train loss و validation loss در طول یادگیری را نمایش دهید. (14 نمره)

3-5. تحلیل نتایج

نتایج نهایی و تعداد epoch مناسب هر دو مدل را با هم مقایسه کنید. علل تفاوت را تحلیل کنید. (14 نمره)

۵ داده از مجموعه داده اعتبارسنجی به صورت تصادفی انتخاب کنید و پیش بینی قیمت را با استفاده از مدل بهتر انجام دهید. (8 نمره)