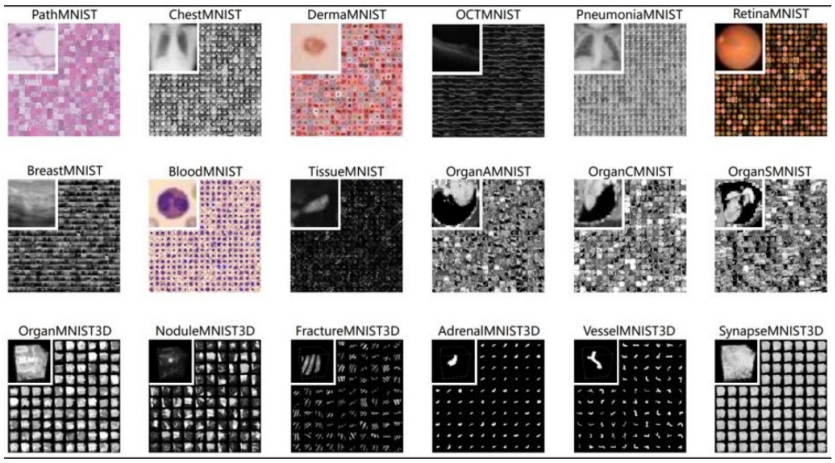
تمرین چهارم

پرسش ۱: شبکه‌ی متخاصم مولد (۶۵ نمره)

در بسیاری از مسائل طبقه‌بندی ممکن است به دلیل محدودیت‌هایی که برای داده‌های آموزش وجود دارد (مانند محدود بودن تعداد نمونه‌ها، توزیع نامتوازن کلاس‌های داده و ...) مدل نهایی به دقت مناسب نرسد. از این رو می‌توان از شبکه‌های متخاصم مولد برای تولید نمونه‌های جدید استفاده کرد و محدودیت‌های موجود در داده‌های آموزش را تا حدی برطرف کرد. در این تمرین قصد داریم تا با کمک یک Conditional Deep Convolutional GAN داده‌هایی تولید کنیم که برای آموزش و طبقه‌بندی در یک شبکه‌ی دیگر به کار گرفته می‌شوند.

۱-۱ بارگذاری داده‌ها و شبکه‌ی ResNet (۱۵ نمره)

ابتدا مجموعه دادگان پیوست شده را بارگذاری کنید و داده‌ها را پیش‌پردازش کنید. داده‌های ضمیمه شده، داده‌هایی موسوم به MedMNIST هستند که شامل تصاویر biomedical هستند. شکل ۱ نمونه‌هایی از این تصاویر را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: نمونه‌هایی از تصاویر biomedical

در اینجا ما با مجموعه دادگان BreastMNIST کار می‌کنیم. پس از انجام پیش‌پردازش‌های مناسب، یک شبکه با معماری ResNet ایجاد کرده و آن را با دادگان داده شده آموزش دهید. می‌توانید از مدل‌های ResNet آماده که بر روی داده‌های ImageNet آموزش دیده است نیز استفاده کنید و برای تعداد دورهای (Epoch) کافی آن را بازآموزش دهید.

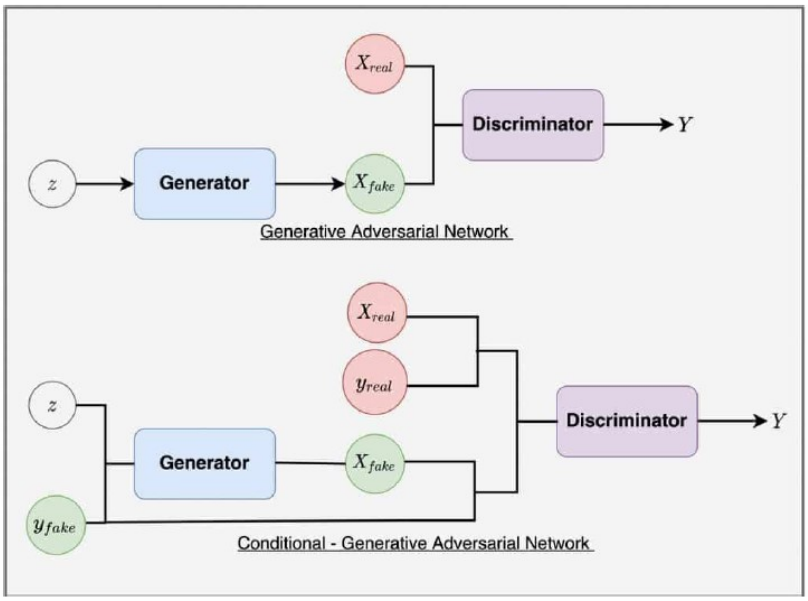
الف- نمودار دقت بر حسب دورهای آموزش را برای داده‌های آموزشی و اعتبارسنجی رسم کنید. همچنین دقت مدل بر روی داده‌های ارزیابی را نیز گزارش کنید.

ب- ماتریس آشفتگی (Confusion Matrix) را رسم کنید.

۲-۱ شبکه‌ی Conditional DCGAN (۳۵ نمره)

می‌دانیم که شبکه‌ی Conditional GAN یک شبکه‌ی متخاصم مولد است که در آن داده‌ها به همراه برچسب‌های متناظرشان به شبکه‌ی مولد و تفکیک‌کننده داده می‌شوند. با استفاده از این شبکه می‌توان برای یک کلاس خاص از داده‌ها نمونه‌های جدید تولید کرد. در این قسمت باید یک شبکه‌ی Conditional Deep Convolutional GAN را پیاده‌سازی کنید.

معماری این شبکه مشابه معماری شبکه‌ی CGAN است با این تفاوت که در بخش مولد و تفکیک‌کننده ممکن است دیگر لایه‌ها مانند کانولوشن، pooling و ... با تعداد زیادی حضور داشته باشند. برای پیاده‌سازی و آشنایی با معماری شبکه می‌توانید به مقالات ارجاع داده شده مراجعه کنید.



شکل ۲: ساختارهای مورد استفاده برای شبکه‌های GAN و Conditional GAN

الف- ساختارهای مورد استفاده برای شبکه‌های مولد و تفکیک‌کننده و همچنین پارامترهای استفاده شده را گزارش کنید.

ب- پس از پیاده‌سازی شبکه و آموزش آن به تعداد Epoch کافی، نمودار loss را برای مولد و تفکیک‌کننده رسم کنید و آن را تفسیر کنید.

پ- به ازای هر کدام از کلاس‌های داده ۲۰۰۰ نمونه را توسط مولد تولید کنید و چند مورد از این نمونه‌ها را نمایش دهید.

ت- از چه راهکارهایی برای بهتر شدن خروجی مولد و پایدارسازی شبکه می‌توان استفاده کرد؟

۲-۳ طبقه‌بندی به کمک داده‌های تولید شده توسط مولد (۱۵ نمره)

داده‌های تولید شده توسط مولد را با داده‌های آموزش اولیه ترکیب کنید و با استفاده از نمونه‌برداری تصادفی یک مجموعه دادگان جدید با اندازه مناسب ایجاد کنید؛ به طوری که تعداد داده‌ها به ازای هر کلاس در مجموعه دادگان جدید یکسان باشد. حال گام اول را تکرار کنید و نتایج را گزارش و با قسمت اول مقایسه کنید.

پرسش ۲: شبکه‌های رمزگذار - رمزگشا مولد (۳۵ نمره)

در این پرسش هدف پیاده‌سازی یک Variational Auto Encoder و مقایسه قدرت آن در کاهش ابعاد با روش‌های پیشین مانند PCA و ISOMAP و Encoder Decoder است.

۲-۱ مجموعه دادگان (۲ نمره)

ابتدا مجموعه دادگان را به صورت زیر بارگذاری کنید و پیش‌پردازش‌های لازم را روی آن‌ها انجام دهید. در صورت فرد بودن مجموع ارقام آخر شمارهٔ دانشجویی اعضای گروه شماره دانشجویی Cifar10 و در صورت زوج بودن مجموع ارقام آخر شمارهٔ دانشجویی اعضای گروه شماره دانشجویی Fashion_mnist را انتخاب کنید و مراحل بعدی را روی آن‌ها انجام دهید.

```
from keras.datasets import cifar10, fashion_mnist

(x_train, y_train), (x_test, y_test) = cifar10.load_data()
(x_train_2, y_train_2), (x_test_2, y_test_2) = fashion_mnist.load_data()
```

شکل ۳: بارگذاری مجموعه دادگان

۲-۲ انجام PCA و ISOMAP (۵ نمره)

ابتدا در مورد شیوه عملکرد PCA و ISOMAP تحقیق کرده و خلاصه‌ای از آن‌ها ارائه دهید و مزایا و معایب آن‌ها را نیز ذکر کنید. سپس مجموعه دادگان قسمت قبل را به این روش کاهش بعد دهید و با KNN طبقه‌بندی را روی فضای کاهش بعد یافته انجام دهید. همچنین با استفاده از جست‌وجوی تصادفی (Random Search) چند مقدار مختلف را برای پارامترهای این دو تابع آزمایش کنید. توجه کنید که اجرای ISOMAP زمان زیادی خواهد برد، برای حل این مشکل شما می‌توانید از یک زیرمجموعه کوچک از مجموعه دادگان استفاده کنید.

۲-۳ رمزگذار - رمزگشا (۷ نمره)

یک بار با استفاده از Dense Layerها و یک بار هم با استفاده از Convolution Layerها رمزگذار - رمزگشا بسازید و آن را روی مجموعه دادگان آموزش دهید و سپس از قسمت رمزگذار برای کاهش بعد استفاده کنید و فضای کاهش بعد یافته را با KNN طبقه‌بندی کنید و همچنین حداقل دو مقدار متفاوت را برای latent_dimension تست کنید و نتایج را گزارش کنید. نیازی به آموزش شبکه بیش از ۱۰ Epoch نمی‌باشد.

۲-۴ خود رمزگذار متغیر (Variational Auto Encoder) (۱۱ نمره)

ابتدا خلاصه‌ای از شیوه عملکرد Variational AutoEncoderها ارائه دهید و سپس یک بار با استفاده از Convolution Layerها و یک بار هم با استفاده از Dense Layerها Variational AutoEncoder بسازید و آن را روی مجموعه دادگان آموزش دهید و سپس از قسمت رمزگذار برای کاهش بعد استفاده کنید و فضای کاهش بعد یافته را با KNN طبقه‌بندی کنید و همچنین حداقل دو مقدار متفاوت را برای latent_dimension تست کنید و نتایج را گزارش کنید.

۲-۵ کاوش در فضای latent (۵ نمره)

با استفاده از np.linspace یک grid بسازید و از اعداد به شبکه Decoder بدهید و تصاویری که تولید می‌شود را مشاهده و تحلیل کنید. همچنین داده Train خود را به Encoder شبکه VAE بدهید و Scatter plot داده آموزشی را در فضای نهان (latent) نمایش دهید.

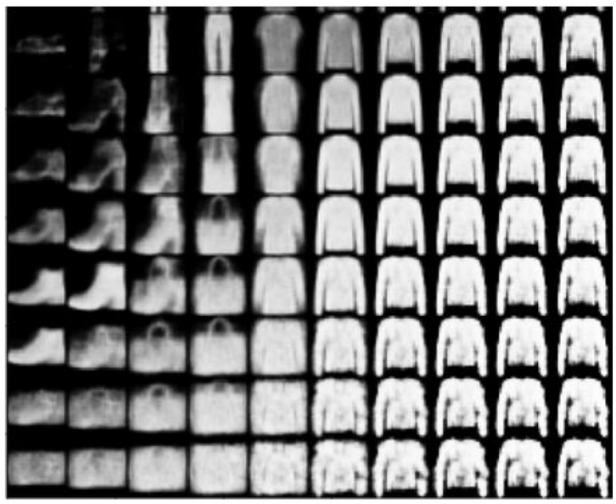
۲-۶ مدل‌های انتشار (Diffusion Models) (۵ نمره)

Diffusion modelها شبکه‌های مولد جدیدی هستند که به تازگی محبوب شده‌اند. در مورد این شبکه‌ی مولد تحقیق کنید و شیوه عملکرد آن را با VAEها مقایسه کنید.

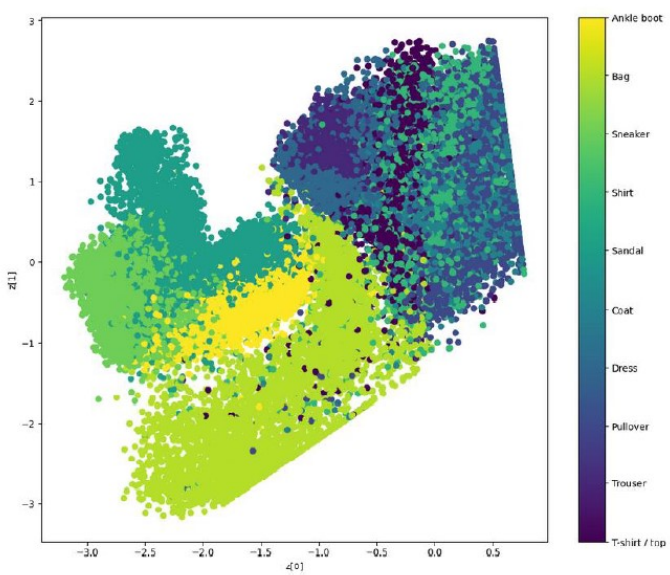
```python
n = 10
img_dim = 28
scale = 2.0
figsize = 15
figure = np.zeros((img_dim * n, img_dim * n))

# linearly spaced coordinates corresponding to the 2D plot
# of images classes in the latent space
grid_x = np.linspace(-scale, scale, n)
grid_y = np.linspace(-scale, scale, n)[::-1]
```

شکل ۴: شیوه ساختن Grid مناسب برای VAE



شکل ۵: نمونه تصاویر تولید شده با استفاده از Decoder شبکه VAE



شکل ۶: Scatter Plot داده‌های آموزشی در فضای نهان