

فصل ۷

شبکه‌های مولد متخاصمی

اهداف این جلسه

- آشنایی با ساختار اصلی شبکه‌های مولد متخاصم
- توزیع داده در مدل‌های مولد
- درک مفاهیم انتزاعی در این شبکه‌ها
- در پایان این جلسه شما قادر خواهید بود که :
- تولید داده‌های ساختگی نزدیک به واقعیت
- افزایش تعداد دیتاست با استفاده از این مدل‌ها
- آموزش یک مدل مولد متخاصم با استفاده از ابزار PyTorch

۱.۷ شبکه های مولد تخصصی

مدل های مولد به هر مدلی اطلاق می شود که مجموعه ای از نمونه های آموزشی گرفته شده از یک توزیع را یاد می گیرد که تخمینی از آن توزیع را نشان دهد. این شبکه ها بر اساس تولید داده به دو دسته صریح^۱ و ضمنی^۲ تقسیم می شوند. مدل های صریح تابع چگالی توزیع را مستقیماً محاسبه میکنند در حالی که مدل های ضمنی بر تولید نمونه هایی از توزیع ارائه شده توسط مدل تمرکز میکنند.

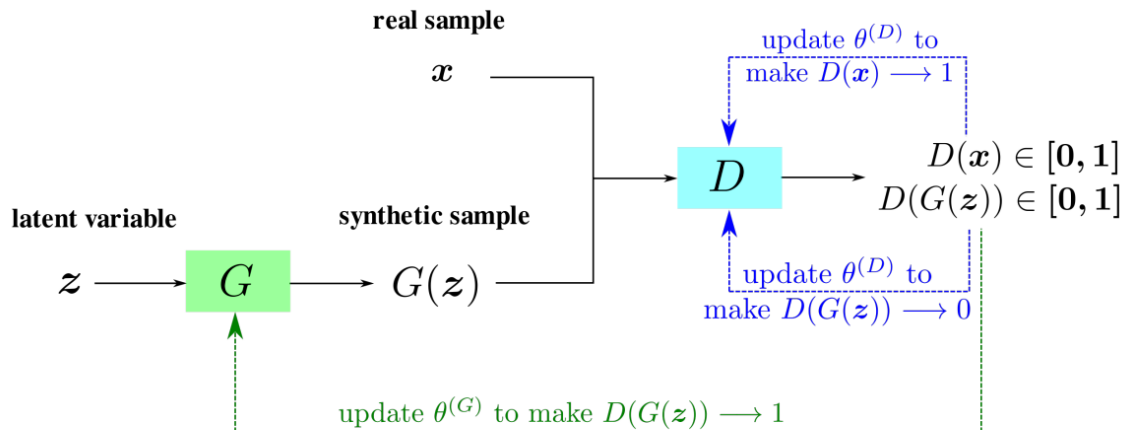
۱.۱.۷ معماری

شبکه مولد متخصصی، یک مدل مولد بر اساس نظریه بازی است که دو عامل را روبه روی هم قرار میدهد:

• یک تشخیص دهنده ^۳ D

• یک مولد ^۴ G

در شکل ۱.۷ طرح کلی یک شبکه مولد متخصصی رسم شده است، که با نام GAN^۵ شناخته می شود. مولد به عنوان ورودی متغیر پنهان z را دریافت میکند که از یک مجموعه توزیع نویز $p_z(z)$ تهیه میشود و داده ساخته شده $G(z; \theta^G)$ را به عنوان خروجی تولید می کند. هدف مولد این است که یکسری داده تولید کند که از داده های واقعی غیر قابل تشخیص باشند. تشخیص دهنده از یک طرف داده های واقعی و از طرفی دیگر نمونه های مصنوعی $G(z)$ را به عنوان ورودی دریافت میکند. خروجی این مدل $D(x)$ یا $D(G(z))$ که احتمال واقعی بودن نمونه دریافتی را نشان می دهد. مولد تلاش می کند تا مقدار $D(G(z))$ را به عدد یک نزدیک کند تا تشخیص کننده را متقاعد کند که نمونه تولید شده شبیه به نمونه واقعی است، در حالی که تشخیص دهنده در تلاش است که مقدار $D(G(z))$ را صفر نزدیک کند و مقدار $D(x)$ را به یک نزدیک کند.



شکل ۱.۷: ساختار یک شبکه مولد متخصصی

^۱Implicit

^۲Explicit

^۳Discriminator

^۴Generator

^۵Generative Adversarial Networks

۲.۱.۷ تابع هزینه

در نظر داریم که به عنوان ورودی شبکه داده‌های $(s_i, y_i)_{i=1}^N$ را دریافت میکنیم که نیمی از آن داده‌های واقعی x و نیمی دیگر از آن داده‌های تولید شده $G(z)$ است. هر نمونه آموزشی s_i متناظر با یک برچسب y_i است. همه داده‌های واقعی دارای برچسب یک و تمامی داده‌های واقعی حاوی برچسب صفر می‌باشند. با توجه به اینکه هدف تشخیص دهنده یک دسته‌بند دودویی است، تابع هزینه آن به صورت یک binary cross-entropy تعیین می‌شود.

$$J^{(D)}(D, G) = H((s_i, y_i)_{i=1}^N, D) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i \log(D(s_i)) + (1 - y_i) \log(1 - D(s_i))) \quad (۱.۷)$$

اگر y_i را برابر با یک برای $s_i = x$ و برابر با صفر برای وقتی که $s_i = G(z)$ در نظر بگیریم، همچنین با جایگذاری میانگین‌ها به رابطه تابع هزینه تشخیص دهنده به عبارت زیر میرسیم:

$$J^{(D)}(D, G) = \mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)} [\log D(x)] + \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} \log[1 - D(G(z))] \quad (۲.۷)$$

که p_{data} یک توزیع داده بر روی نمونه داده‌های واقعی x است. در یک بازی minimax که به نام بازی zero-sum نیز شناخته می‌شود، مجموع هزینه‌های تمامی بازیکنان همواره صفر است. که نشان می‌دهد تابع هزینه مولد مخالف $J^{(D)}$ است. در حالی که برای محاسبه تابع هزینه مولد در نزول گرادینانی عبارت دوم در معادله تابع هزینه اهمیت دارد. بنابراین تابع هزینه مولد در یک بازی minimax به صورت زیر تعریف شده است:

$$J^{(G)}(G) = \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} \log[1 - D(G(z))] \quad (۳.۷)$$

در حالت کلی این بازی در یک تابع ارزش خلاصه می‌شود که به صورت زیر تعریف می‌شود:

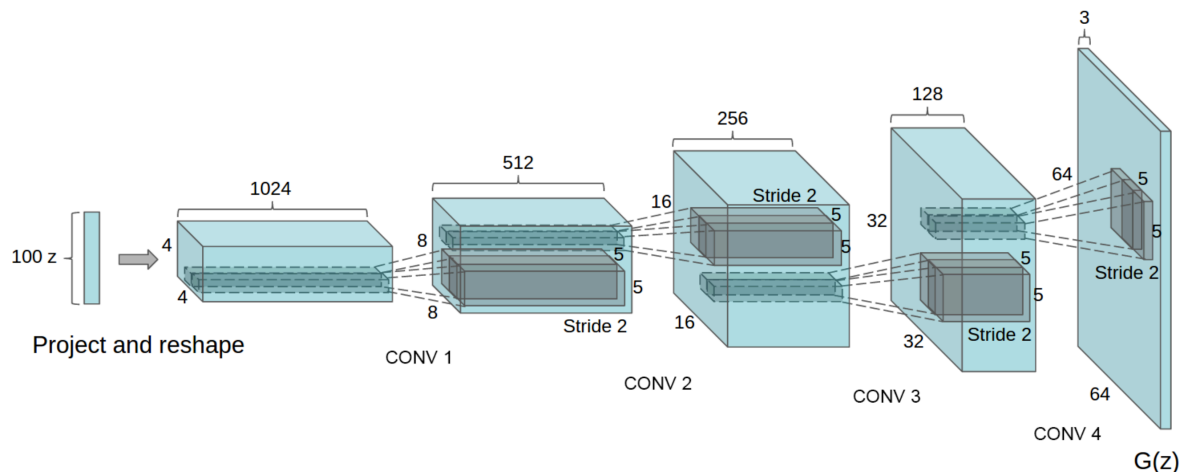
$$\min_G \max_D \mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)} [\log D(x)] + \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} \log[1 - D(G(z))] \quad (۴.۷)$$

۲.۷ تمرین اول: آموزش مولد

در این تمرین قصد داریم که یک شبکه مولد متخاصمی را با استفاده از شبکه‌های عمیق پیچشی ایجاد کنیم. همانطور که در شکل ۲.۷ مشاهده می‌کنید، در ابتدا یک آرایه از نویز به عنوان ورودی به مولد داده می‌شود، سپس در یک شبکه پیچشی با استفاده از اعمال مناسب در لایه آخر به عکس غیراصل^۱ تبدیل می‌شود. با استفاده از دستورات قرار داده شده در فایل نوت‌بوک به کامل کردن کد بپردازید. این مولد دارای ۴ لایه است:

- لایه اول ابعاد نویز را به عنوان ورودی می‌گیرد و ۴ برابر بعد hidden_dim را به عنوان بعد خروجی در نظر می‌گیرد.
- بعد خروجی سایر لایه‌ها به ترتیب تا لایه سوم نصف می‌شود.
- بعد خروجی لایه آخر im_chan است.

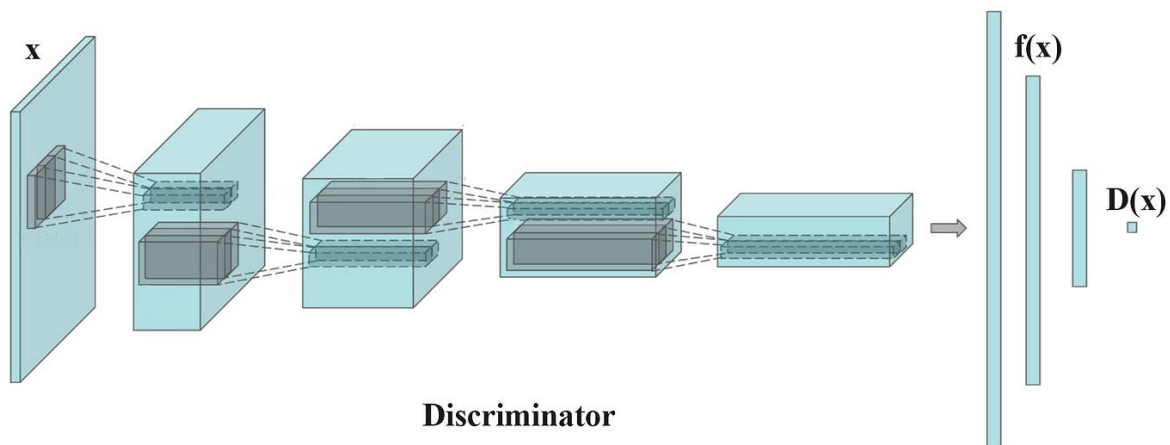
^۱Fake



شکل ۲.۷: ساختار یک شبکه مولد

۳.۷ تمرین دوم: آموزش تشخیص دهنده

در این تمرین قصد داریم که یک شبکه مولد متخاصمی را با استفاده از شبکه‌های عمیق پیچشی ایجاد کنیم. حال در این قسمت باید شبکه‌ای را طراحی کنیم که وظیفه تشخیص دادن داده‌های واقعی را از داده‌های ساختگی را دارد. توجه داشته باشید که این شبکه به صورت یک دسته‌بند دودویی عمل می‌کند. در شکل ۳.۷ ساختار کلی آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳.۷: ساختار یک شبکه تشخیص دهنده

با استفاده از دستورات قرار داده شده در فایل نوت‌بوک به کامل کردن کد بپردازید.

۴.۷ تمرین سوم: آموزش شبکه مولد متخاصم

پس اینکه مولد و تشخیص دهنده را درستی تشکیل دادید، دیتاست MNIST را بارگذاری کنید و سعی کنید با توجه به دستورات قرار داده شده شبکه متخاصم را آموزش بدهید. در نهایت پس از هر بار آموزش تصاویر ساخته شده را مشاهده می‌کنید. چقدر با داده‌های واقعی تشابه دارند؟