تمرین چهارم - شبکه‌های مولد تقابلی

سؤال ۱

شبکه مولد تقابلی (GAN) ساده برای تولید تصاویر Fashion-MNIST

مجموعه داده: Fashion-MNIST (تصاویر سیاه‌وسفید ۲۸×۲۸، ۱۰ کلاس).
هدف: پیاده‌سازی یک معماری GAN پایه و تحلیل حساسیت هایپرپارامترهای کلیدی بر کیفیت تولید.

(آ) پیاده‌سازی GAN ساده

- یک GAN ساده پیاده‌سازی کنید:

۱ - Generator: ورودی نویز با ابعاد $z = 100$، لایه‌های پنهان کاملاً متصل، خروجی ۷۸۴ (۲۸×۲۸)

۲ - Discriminator: ورودی ۷۸۴، لایه‌های پنهان کاملاً متصل، خروجی ۱ (واقعی/تقلبی)

- از توابع فعال‌سازی مناسب برای لایه‌های پنهان و خروجی استفاده کنید.
- مدل را برای ۱۰۰ دور آموزش با هایپرپارامترهای معقول آموزش دهید.
- حداقل ۱۰ تصویر نمونه در دورهای ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ تولید و نمایش دهید.

تحلیل: پویایی آموزش و پیشرفت کیفیت بصری را توصیف کنید.

(ب) تحلیل حساسیت نرخ یادگیری

- با نرخ‌های یادگیری مختلف آزمایش کنید: $\{1 \times 10^{-4}, 2 \times 10^{-4}, 1 \times 10^{-3}\}$
- خطای generator و discriminator و شاخص‌های mode collapse را پایش کنید.
- ۱۰ تصویر نمونه از بهترین نقطه بازبینی (checkpoint) برای هر تنظیم تولید کنید.

تحلیل: محدوده بهینه نرخ یادگیری را شناسایی کرده و ناپایداری‌های مشاهده‌شده را توضیح دهید.

(ج) تأثیر ابعاد نویز

- ابعاد نویز را تغییر دهید: $z \in \{32, 100, 200\}$

سؤال ۱ ادامه در صفحه بعد...

- سایر هایپرپارامترها را در مقادیر بهینه از تحلیل قبلی نگه دارید
- هر پیکربندی را آموزش داده و تنوع نمونه‌های تولید شده را ارزیابی کنید
- برای مقایسه کمی از Inception Score یا FID استفاده کنید.

تحلیل: توضیح دهید چگونه ابعاد نویز بر تنوع و کیفیت تولید تأثیر می‌گذارد.

(د) اندازه دسته و پایداری آموزش

- با اندازه‌های دسته مختلف آزمایش کنید: $\{32, 128, 256\}$
- نرخ یادگیری را متناسب برای حفظ پایداری تنظیم کنید
- سرعت همگرایی و کیفیت نهایی تولید را ثبت کنید
- شبکه‌های مقایسه‌ای شامل ۱۰ نمونه برای هر اندازه دسته تولید کنید.

تحلیل: مصالحه بین اندازه دسته، پایداری آموزش و کارایی محاسباتی را توضیح دهید.

سؤال ۲

معماری‌های پیشرفته شبکه مولد تقابلی: DCGAN و CGAN

هدف: پیاده‌سازی و مقایسه معماری‌های Deep Convolutional GAN و Conditional GAN برای تولید Fashion-MNIST.

(آ) پیاده‌سازی $DCGAN$ و تحلیل معماری

- یک Deep Convolutional GAN پیاده‌سازی کنید:

۱ - Generator: از کانولوشن‌های معکوس برای upsampling از نویز به تصاویر ۲۸×۲۸ استفاده می‌کند

۲ - Discriminator: از لایه‌های کانولوشنی برای طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌کند

۳ - شامل BatchNorm و تکنیک‌های منظم‌سازی مناسب باشد.

- با هایپرپارامترهای بهینه از تحلیل GAN ساده آموزش دهید
- با پیکربندی‌های فیلتر مختلف آزمایش کنید: کوچک [۳۲، ۶۴، ۱۲۸] در مقابل بزرگ [۱۲۸، ۲۵۶، ۵۱۲]
- ۱۰ تصویر نمونه از بهترین مدل هر پیکربندی تولید کنید

تحلیل: کیفیت بصری و پایداری آموزش DCGAN را با GAN ساده مقایسه کرده و تأثیر ظرفیت فیلتر را بحث کنید.

سؤال ۲ ادامه در صفحه بعد...

(ب) پیاده‌سازی $CGAN$ و تولید شرطی

- Conditional GAN را با افزودن شرط‌گذاری کلاسی به DCGAN پیاده‌سازی کنید:
  - ۱ - Generator: هم نویز و هم برچسب‌های کلاس را به عنوان ورودی می‌گیرد
  - ۲ - Discriminator: هم تصاویر و هم برچسب‌های کلاس را به عنوان ورودی می‌گیرد
  - ۳ - از embedding یا one-hot encoding برای اطلاعات کلاس استفاده کنید.
- با هایپرپارامترهای بهینه DCGAN آموزش دهید
- ۱۰ نمونه برای هر یک از ۱۰ کلاس (مجموع ۱۰۰ تصویر) تولید کنید

تحلیل: کیفیت تولید خاص کلاس و وفاداری برچسب را در مقایسه با DCGAN غیرشرطی ارزیابی کنید.

(ج) مقاومت تولید شرطی (*Robustness*)

- استحکام CGAN را با برچسب‌های نویزی آزمایش کنید:
  - ۱ - برچسب‌های تمیز (٪۰ نویز)
  - ۲ - نویز زیاد (٪۵۰ جابجایی برچسب)
- نمونه‌های شرطی-کلاسی را تحت هر شرایط تولید کنید.
- تخریب کیفیت تولید و وفاداری کلاس را ارزیابی کنید.

تحلیل: حساسیت CGAN به کیفیت برچسب را توضیح داده و پیامدهای عملی را بحث کنید.

سؤال ۳

تحلیل مقایسه‌ای و ارزیابی عملکرد

هدف: مقایسه جامع عملکرد Simple GAN، DCGAN و CGAN بر اساس نتایج سؤالات ۱-۲.
توجه: این سؤال فقط تحلیل نتایج آزمایشی موجود را نیاز دارد - هیچ آزمایش جدیدی لازم نیست.

(آ) مقایسه عملکرد کمی

- بهترین مدل‌ها از هر معماری را با استفاده از معیارهای زیر ارزیابی کنید:
  - ۱ - FID
  - ۲ - Inception Score

سؤال ۳ ادامه در صفحه بعد...

۳ - زمان آموزش و کارایی محاسباتی (Computational Efficiency)

۴ - استفاده از حافظه در حین آموزش

- جداول مقایسه‌ای جامع با استفاده از نتایج آزمایش‌های قبلی ایجاد کنید
- ۱۰ نمونه با کیفیت بالا از هر بهترین مدل شامل شود

تحلیل: معماری‌ها را بر اساس معیارهای ارزیابی مختلف رتبه‌بندی کرده و مصالحه‌ها را توضیح دهید.

(ب) ارزیابی کیفیت بصری

- ارزیابی بصری دقیق برای موارد خاص مد (مانند پیراهن، شلوار، کفش) در معماری‌های مختلف
- شناسایی حالات شکست رایج و مصنوعات (artifacts) برای هر رویکرد
- ایجاد شبکه‌های مقایسه‌ای کنار هم (۱۰ نمونه برای هر معماری)

تحلیل: نقاط قوت و ضعف هر معماری را برای تولید اقلام مد بحث کنید.

(ج) تحلیل پویایی آموزش و پایداری

- منحنی‌های خطا و الگوهای همگرایی را در معماری‌ها مقایسه کنید.
- وقوع mode collapse و بهبودی را تحلیل کنید.
- حساسیت به تغییرات هایپرپارامتر را ارزیابی کنید.
- شکست‌های آموزشی و پیکربندی‌های موفق را مستند کنید.

تحلیل: توصیه‌هایی برای آموزش پایدار GAN روی Fashion-MNIST ارائه دهید.

(د) کارایی محاسباتی و مقیاس‌پذیری

- زمان آموزش در هر دور و کل زمان همگرایی را مقایسه کنید.
- نیازمندی‌های حافظه GPU و محدودیت‌های اندازه دسته را تحلیل کنید.
- سرعت inference برای تولید نمونه‌ها را ارزیابی کنید.
- مقیاس‌پذیری به وضوح بالاتر یا مجموعه داده‌های پیچیده‌تر را بحث کنید.

تحلیل: با توجه به محدودیت‌های محاسباتی و نیازمندی‌های کیفی، انتخاب‌های معماری مناسب را پیشنهاد نمایید.

توضیحات

۱ - تمام پیاده‌سازی‌ها باید با استفاده از یک چارچوب یادگیری عمیق به انتخاب شما انجام شود.

۲ - از مجموعه داده Fashion-MNIST برای تمام آزمایش‌ها استفاده کنید.

۳ - تمام تصاویر تولید شده باید به وضوح با معماری، هایپرپارامترها و دوره آموزش برچسب‌گذاری شوند.

۴ - گزارش‌ها باید شامل منحنی‌های خطا، شبکه‌های نمونه تولید شده و تحلیل دقیق برای هر آزمایش باشند.

۵ - برای ارزیابی کمی، FID و Inception Score را پیاده‌سازی یا از پیاده‌سازی‌های موجود استفاده کنید.

۶ - یک فایل فشرده به نام StudentID_HW04.zip شامل موارد زیر تحویل دهید:

- پیاده‌سازی کامل با مستندات واضح
- نقاط بازبینی (checkpoints) مدل آموزش‌دیده برای بهترین پیکربندی‌ها
- تصاویر تولید شده و نتایج ارزیابی
- گزارش جامع در قالب PDF

۷ - تقلب یا همکاری غیرمجاز ممنوع است.

۸ - استفاده از منابع خارجی یا محتوای تولیدشده توسط هوش مصنوعی برای یادگیری مجاز است، اما کار ارائه‌شده باید کاملاً توسط دانشجو درک و توضیح داده شود.

۹ - برای هر سؤال درباره تمرین می‌توانید با تدریسیاران از طریق ایمیل زیر تماس بگیرید:

ann.ceit.aut@gmail.com