

توجه: استفاده از کتاب، جزوه، اسلایدهای درس، اینترنت و مشورت در حین امتحان غیر مجاز است.

سوال ۱ مدل‌های Diffusion (۳۰ نمره)

الف) (۱۰ نمره) می‌دانیم با داشتن تخمین score-function (گرادیان لگاریتم توزیع احتمال) می‌توان با استفاده از الگوریتم Langevin-dynamics نمونه‌هایی از توزیع احتمال مورد نظر بسازیم. به طور کامل توضیح دهید که چرا در عمل این روش دچار مشکل می‌شود. روش حل این مشکلات چگونه است؟

ب) (۵ نمره) مزایا و معایب روش‌های مولد مبتنی بر Diffusion/Score-based مدل‌ها چیست؟ (از لحاظ سرعت، کیفیت، بهینه‌سازی و...)

ج) (۱۵ نمره) اگر بخواهیم یک مدل مبتنی بر Diffusion مدل داشته باشیم که به صورت شرطی^۱ داده تولید کند، چه پیشنهادهایی برای تغییر در مدل پایه‌ای Diffusion دارید؟ به طور مثال، فرض کنید که به عنوان ورودی یک تصویر کراپ شده داشته باشیم و می‌خواهیم خروجی مدل تصویر کامل باشد. در واقع در این مثال می‌خواهیم با داشتن تصویر کراپ شده، نمونه‌هایی از تصویر کامل در خروجی تولید شود:

How to sample from $P(\text{output full image} \mid \text{input cropped image})$?

توضیح دهید که در مدل پیشنهادی شما، فرآیند آموزش به چه صورتی خواهد بود.

سوال ۲ مدل‌های علی (۲۰ نمره)

الف) (۱۰ نمره) دو متغیر x و y را در نظر بگیرید. می‌خواهیم رابطه‌ی علی-معلولی میان این دو متغیر را بیابیم. فرض کنید رابطه‌ی بین این دو متغیر به صورت nonlinear additive noise باشد. به عبارت دیگر، رابطه‌ی بین این دو متغیر به یکی از دو صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{cases} x = n_x \\ y = f(x) + n_y \end{cases} \quad n_y \perp x \quad \begin{cases} y = n_y \\ x = g(y) + n_x \end{cases} \quad n_x \perp y$$

Causal Relation: $x \rightarrow y$

Causal Relation: $y \rightarrow x$

که در روابط بالا، f و g دو تابع غیرخطی دلخواه، n_x و n_y دو نویز گاوسی با میانگین صفر و واریانس کوچک است. فرض کنید مجموعه داده‌ی $\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$ را در اختیار داریم (تعداد نمونه‌ها به اندازه کافی است). می‌خواهیم تشخیص دهیم که کدامیک از دو رابطه‌ی بالا، رابطه‌ی واقعی میان x و y است؟ پیشنهاد شما برای طراحی آزمایشی برای تشخیص رابطه‌ی درست میان دو متغیر مذکور چیست؟ توضیح دهید (برای تخمین توابع f و g از هر مدل رگرسیونی می‌توانید استفاده کنید).

ب) (۵ نمره) یک مسأله یادگیری بانظارت^۲ (طبقه‌بندی^۳ یا رگرسیون) را در نظر بگیرید. اگر x نشاندهنده‌ی بردار ویژگی و y نشان دهنده‌ی برچسب باشد. اگر یک مدل مولد خوب برای نمونه‌گیری از توزیع $p(x)$ داشته باشیم، در چه صورت این مدل می‌تواند برای مسأله یادگیری بانظارت مفید باشد؟

^۱ Conditional

^۲ Supervised Learning

^۳ Classification

ج) (۵ نمره) ایده‌ی مقاله‌ی No-TEARS برای یافتن گراف جهت‌دار بدون دور (DAG) چیست؟ در واقع توضیح دهید که این مقاله، چگونه مسأله یافتن DAG را به یک مسأله بهینه‌سازی با قید Continuous تبدیل می‌کند.

سوال ۳ Generative Adversarial Networks (۱۵ نمره)

الف) (۵ نمره) رخداد Mode Collapse در مدل‌های GAN را توضیح دهید. چه راه‌کارهایی برای حل این مشکل وجود دارد؟

ب) (۵ نمره) مدل‌های مولد Likelihood-free مانند GANها، چه مزیت‌هایی می‌توانند نسبت به مدل‌های مبتنی بر likelihood داشته باشند؟ توضیح دهید.

ج) (۵ نمره) مدل‌های GAN در واقع چه تابع هدفی را بهینه می‌کنند؟ نقش هر یک از generator و discriminator در این بهینه‌سازی چیست؟

سوال ۴ GNN (۱۰ نمره)

فقط به یکی از دو سوال زیر به اختیار خود پاسخ دهید.

الف) در رابطه با مدل‌های GNN مشکل اصلی روش‌های spectral آن است که قدرت تعمیم به گره‌ها و یال‌های دیده نشده را ندارند. از این رو شبکه‌های spatial ارائه شده‌اند. در این راستا توضیح دهید که شبکه GraphSAGE به عنوان یک روش spatial چگونه این محدودیت را از مدل GCN به عنوان یک روش spectral است رفع می‌کند.

ب) یک ملاحظه مهم در توسعه مدل‌های GNN عمیق کردن آنها است که مشکلاتی را ایجاد می‌کند. ابتدا توضیح دهید که چرا نیاز داریم تا شبکه‌های GNN را عمیق کنیم و عمیق کردن این مدل‌ها چه مزیتهایی به همراه خواهد داشت. سپس توضیح دهید که مشکل over-smoothing چیست و به چه دلیل با عمیق کردن شبکه‌های GNN رخ می‌دهد.

سوال ۵ VAE (۱۵ نمره)

انواع مختلف VAEها را نام ببرید و مزایا و معایب هر یک را توضیح دهید. استفاده از معیارهای مختلف برای فاصله‌ی دو توزیع احتمال، چه تاثیری در کیفیت یک مدل VAE دارد؟

سوال ۶ Decision Transformer (۱۰ نمره)

الف) (۵ نمره) روش مقاله‌ی Decision Transformer برای حل یک مسأله RL^4 را به طور خلاصه توضیح دهید.

ب) (۵ نمره) مدل‌هایی مانند Decision Transformer و chatGPT چه تفاوت ذاتی‌ای با مدل‌های زبانی عادی دارند؟ توضیح دهید.

موفق و پایدار باشید.