به نام خدا

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده برق و کامپیوتر

درس: هوش مصنوعی قابل اعتماد

مدرس: دکتر مصطفی توسلی پور

تمرین شماره ۳

خرداد ماه ۱۴۰۵

فهرست

سوال اول: شبکه‌های بیزی ۳

بخش اول ۳

زیربخش اول (۳ نمره) ۳

زیربخش دوم (۳ نمره) ۴

زیربخش سوم (۲ نمره) ۴

زیربخش چهارم (۱۰ نمره) ۴

بخش دوم (۱۸ نمره) ۵

بخش سوم ۶

زیربخش اول (۳ نمره) ۶

زیربخش دوم (۳ نمره) ۶

زیربخش سوم (۴ نمره) ۷

بخش چهارم ۸

زیربخش اول (۶ نمره) ۸

زیربخش دوم (۳ نمره) ۸

سوال دوم: علّیت ۹

بخش اول: سوالات تئوری ۹

زیربخش اول: (نامساوی) (۲ نمره) ۹

زیربخش دوم: (اثر علّی) (۳ نمره) ۹

بخش دوم: سوالات پیاده‌سازی ۱۱

زیربخش اول: (پیاده‌سازی SCM) (۷ نمره) ۱۱

زیربخش دوم: (تاثیر دوره آموزشی) (۹ نمره) ۱۲

زیربخش سوم: (سیگار نکشیم!) (۱۵ نمره) ۱۳

زیربخش چهارم: (قالب جدید وب‌سایت) (۱۹ نمره) ۱۵

نکات تحویل ۱۸

سوال اول: شبکه‌های بیزی

بخش اول

با توجه به توضیحات زیر به سوالات پاسخ دهید.

در یک شهر بزرگ، میزان آلودگی هوا تحت‌تاثیر عوامل مختلف محیطی و انسانی است. شرایط آب‌وهوایی مانند وارونگی دما یا نبود باد می‌تواند باعث تجمع آلاینده‌ها شود. همچنین، میزان انتشار آلاینده‌ها ناشی از ترافیک سنگین و فعالیت‌های صنعتی بر سطح آلودگی تاثیر می‌گذارد. با افزایش آلودگی، سامانه‌ی پایش کیفیت هوا هشدار رسمی صادر می‌کند. این هشدار بر رفتار شهروندان اثر می‌گذارد؛ به طوری که برخی افراد در صورت دریافت هشدار از ماسک استفاده می‌کنند و برخی زمان حضور خود در فضای باز را کاهش می‌دهند. در نهایت ترکیب میزان آلودگی، استفاده یا عدم استفاده از ماسک، و میزان حضور در فضای باز بر احتمال بروز علائم تنفسی (مثل سرفه و تنگی‌نفس) در افراد تاثیر می‌گذارد.

با توجه به توضیحات گفته شده در بالا آن را با یک شبکه بیزی مدل می کنیم. متغیرها در شبکه بیزی به صورت زیر است:

- متغیر W: شرایط آب‌وهوایی (مناسب، وارونگی، بدون باد و ...)
- متغیر E: میزان انتشار آلاینده‌ها (کم، متوسط، زیاد)
- متغیر P: سطح آلودگی هوا
- متغیر A: صدور هشدار رسمی آلودگی
- متغیر M: استفاده‌ی فرد از ماسک
- متغیر O: میزان حضور فرد در فضای باز
- متغیر H: بروز علائم تنفسی

زیربخش اول (۳ نمره)

شبکه بیزی مربوط به توضیحات بالا را رسم کنید. (می‌توانید گراف را روی کاغذ رسم کرده و عکس آن را در گزارش قرار دهید.)

زیربخش دوم (۳ نمره)

توزیع احتمال توام را با توجه به شبکه بیزی به صورت فاکتورشده به دست آورید.

زیربخش سوم (۲ نمره)

Markov Blanket مربوط به متغیر M را بنویسید.

زیربخش چهارم (۱۰ نمره)

با توجه به شبکه بیزی که رسم کردید، درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را با ذکر دلیل بیان کنید.

الف) $A \perp W \mid P$

ب) $M \perp O \mid A$

پ) $A \perp H \mid \{M, O\}$

ت) $M \perp E \mid A$

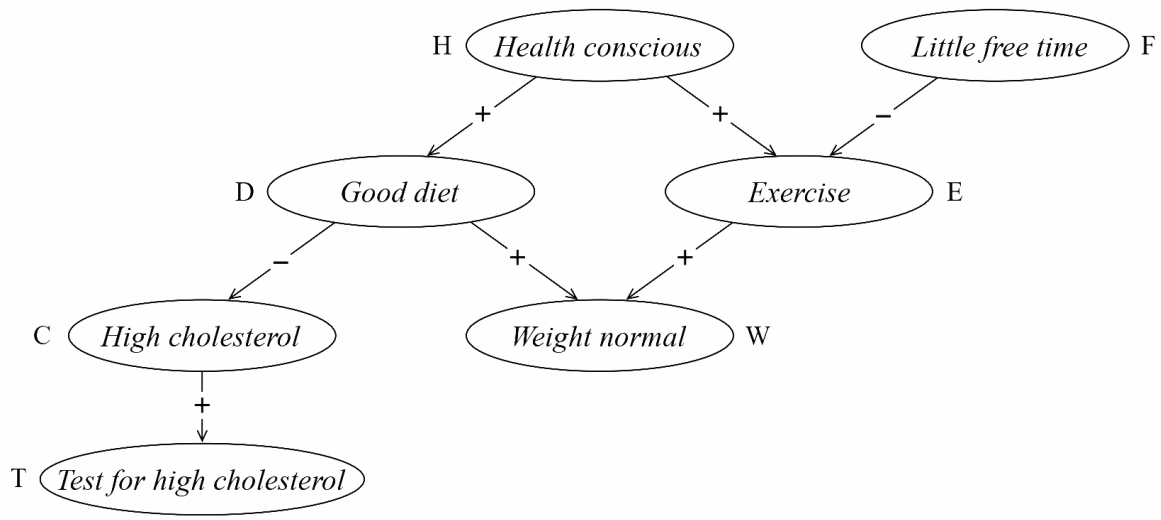
ث) $O \perp W \mid \{A, H\}$

بخش دوم (۱۸ نمره)

شبکه بیزی نمایش داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید تمامی متغیرها دودویی هستند و دو مقدار $X = 0$ و $X = 1$ را اخذ می‌کنند که به ترتیب با نماد x^0 و x^1 آن‌ها را نمایش می‌دهیم. اگرچه پارامترهای توزیع‌های احتمالی شرطی[1] را نمی‌دانیم، اما می‌دانیم که هر متغیر تصادفی به صورت کیفی چگونه بر فرزندان خود تاثیر می‌گذارد. تاثیرات نشان داده شده در شکل، تفسیر زیر را دارند:

- نماد $X \xrightarrow{+} Y$ بدین معنیست که $P(y^1|x^1, \boldsymbol{u}) > P(y^1|x^0, \boldsymbol{u})$ برای تمامی مقادیر $\boldsymbol{u}$ از سایر والدین Y.
- نماد $X \xrightarrow{-} Y$ بدین معنیست که $P(y^1|x^1, \boldsymbol{u}) < P(y^1|x^0, \boldsymbol{u})$ برای تمامی مقادیر $\boldsymbol{u}$ از سایر والدین Y.

همچنین فرض می‌کنیم در تمامی موارد V-Structures، پدیده توضیح‌دهی[2] رخ می‌دهد.



[1] Conditional Probability Distribution
[2] Explaining away

برای هر یک از جفت عبارت‌های احتمال شرطی زیر، با استفاده از اطلاعات موجود در شبکه، استدلال کنید که آیا یکی از دیگری بزرگتر است، با هم برابرند، یا قابل مقایسه نیستند. برای هر جفت عبارت، تمامی مسیرهای فعال و جهت تاثیرگذاری آن‌ها را مشخص کنید.

الف	$P(w^1 \mid f^1)$	$P(w^1)$
ب	$P(f^1 \mid e^1, h^1)$	$P(f^1 \mid e^1)$
پ	$P(h^1 \mid f^0, w^1)$	$P(h^1 \mid w^1)$
ت	$P(e^1 \mid c^1, w^1)$	$P(e^1 \mid w^1)$
ث	$P(w^1 \mid d^1, e^1, h^1)$	$P(w^1 \mid d^1, e^1)$
د	$P(t^1 \mid w^0, e^1, f^1)$	$P(t^1 \mid w^0, e^1)$

بخش سوم

فرض کنید n متغیر تصادفی $X_1, \dots, X_n$ داریم که هر کدام می‌توانند دقیقا L مقدار مختلف به خود بگیرند. با توجه این به سوالات زیر پاسخ دهید.

زیربخش اول (۳ نمره)

برای به دست آوردن توزیع توام کامل[3] روی این متغیرهای $X_1, \dots, X_n$ به محاسبه چند پارامتر مستقل نیاز داریم؟

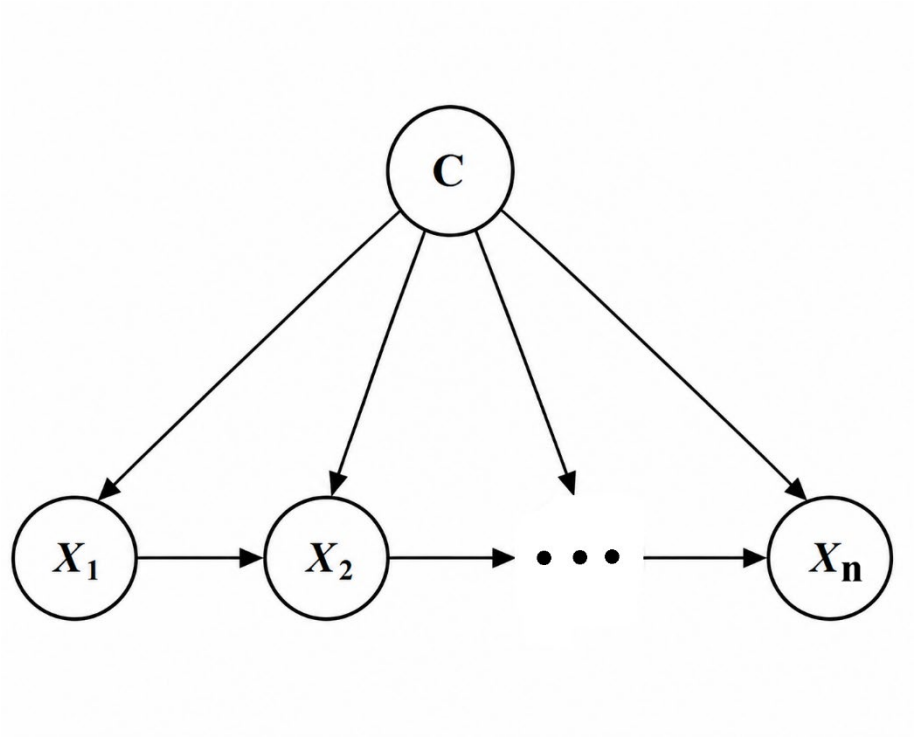
زیربخش دوم (۳ نمره)

یک کران بالای ساده برای تعداد پارامترهای مستقل در یک شبکه بیزی پیدا کنید، با این فرض که هر گره(متغیر) در این شبکه حداکثر دارای k والد است.

[3] Full joint distribution

زیربخش سوم (۴ نمره)

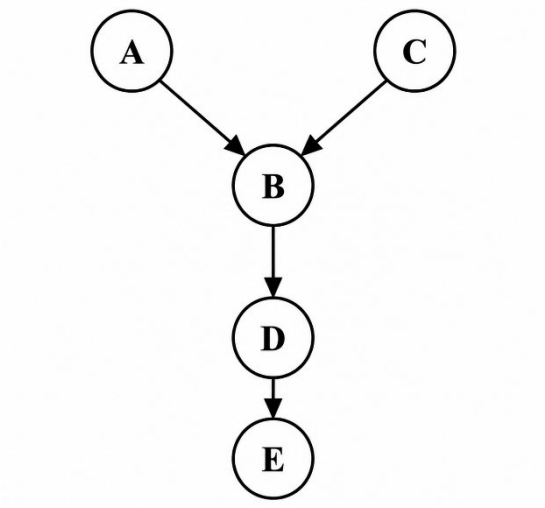
فرض کنید یک متغیر کلاس به نام C با m مقدار ممکن$(c_1, \dots, c_m)$ داریم که به متغیرهای قبلی اضافه می‌کنیم. مطابق شکل زیر ساختار شبکه بیزی به این صورت است که متغیر C والد تمام متغیرهای X_1 تا X_n است. علاوه بر این، هر متغیر X_i والد متغیر بعدی خود یعنی X_{i+1} است. در این شبکه بیزی، برای مشخص کردن کامل مدل به چند پارامتر مستقل نیاز است؟

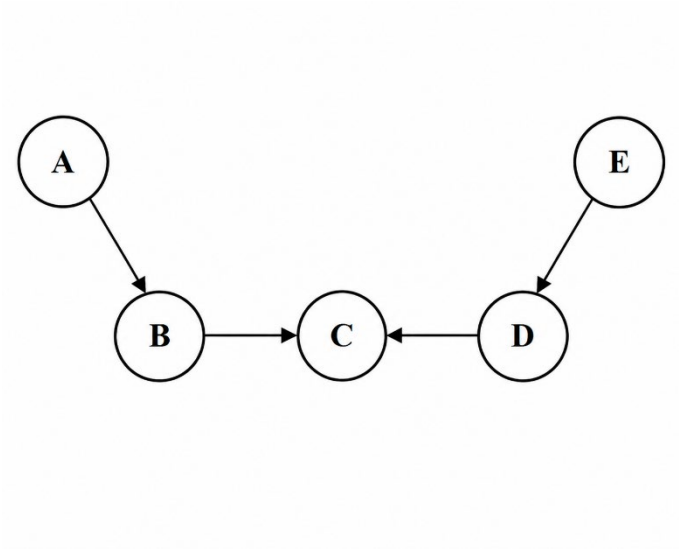


بخش چهارم

زیربخش اول (۶ نمره)

دو شبکه بیزی زیر را در نظر بگیرید. برای هر یک جداگانه به شکل مختصر تحلیل کنید که آیا شبکه بیزی دیگری می‌توان یافت به طوری که با آن I-equivalent باشد؛ در صورت وجود آن را رسم کنید.





زیربخش دوم (۳ نمره)

فرض کنید یک توزیع احتمال توام روی سه متغیر تصادفی A، B و C داریم. می‌دانیم که در این توزیع، *تنها* استقلال‌های موجود به شرح زیر هستند و سایر ترکیب‌های متغیرها نسبت به یکدیگر وابسته‌اند.

$$I(P) = \{A \perp B \mid \emptyset \ , \ \ A \perp B \mid C\}$$

آیا شبکه بیزی وجود دارد که Perfect Map توزیع بالا باشد. در صورت وجود آن را رسم کنید و در غیر اینصورت علت عدم وجود را به شکل مختصر بیان کنید.

سوال دوم: علّیت

بخش اول: سوالات تئوری

زیربخش اول: (نامساوی) (۲ نمره)

برای پرس‌وجوهای احتمالی[4]، می‌دانیم که رابطه زیر برقرار است:

$$\min_x P(y|X) \leq P(y) \leq \max_x P(y|x)$$

نشان دهید که این ویژگی برای پرس‌وجوهای مداخله‌ای[5] صادق نیست؛ یعنی نامساوی زیر برقرار نیست:

$$\min_x P\big(y|do(x)\big) \leq P(y) \leq \max_x P(y|do(x))$$

زیربخش دوم: (اثر علّی) (۳ نمره)

گراف متناظر با مدل علّی ساختاری[6] برای سناریوی زیر را رسم کنید (نیازی به مدل‌سازی معادلات نیست). چهار متغیر داریم:

- سن سرور (مدت زمان از استقرار): A
- بار سی‌پی‌یو (میزان پردازش): L
- مصرف حافظه (میزان استفاده از رم): M
- دمای سیستم (خروجی حرارتی): T

- ارتباط سن سرور و بار سی‌پی‌یو: سرورهای قدیمی‌تر ممکن است فرایندهای پس‌زمینه ناکارآمد داشته باشند و بار پایه را افزایش دهند.
- ارتباط سن سرور و مصرف حافظه: سرورهای قدیمی‌تر ممکن است نشت حافظه یا کش‌گذاری نامناسب داشته باشند و رم بیشتری مصرف کنند.

[4] probabilistic queries
[5] intervention queries
[6] structural causal model (SCM)

- ارتباط بار سی‌پی‌یو و مصرف حافظه: پردازش بیشتر معمولاً نیاز به داده‌ی بیشتر در حافظه دارد.
- ارتباط بار سی‌پی‌یو و دمای سیستم: پردازش سنگین گرما تولید می‌کند.
- ارتباط دمای سیستم و مصرف حافظه: نگهداری داده زیاد در رم پرسرعت هم می‌تواند گرما ایجاد کند.

کدام‌یک از دو مقدار زیر اثر علّی بار سی‌پی‌یو روی مصرف حافظه را نشان می‌دهد؟ چرا؟ توضیح دهید.

$$E[M|L]$$

$$E[M|L, A]$$

بخش دوم: سوالات پیاده‌سازی

زیربخش اول: (پیاده‌سازی SCM) (۷ نمره)

یک کلاس پیاده‌سازی کنید (ترجیحاً پایتون)؛ به کمک این کلاس باید بتوان عملیات زیر را انجام داد:

- افزودن متغیر: یک متغیر (معادله ساختاری) جدید به مدل اضافه می‌کند.
- نمونه‌برداری: به ترتیب علّی/توپولوژیکی از متغیرها (از توزیع جوینت)، به تعداد دلخواه نمونه تصادفی تولید می‌کند.
- عملگر do: مداخله (interventioin) روی معادلات اعمال می‌کند.
- ترسیم گراف: نمودار گراف علی متناظر را نمایش می‌دهد.

یک ساختار **پیشنهادی** برای پیاده‌سازی کلاس موردنظر می‌تواند به صورت زیر باشد:

```
class SCM:
        def __init__(self) -> None:
                ...
        def add_variable(self, name, parents, equation) -> None:
                ...
        def sample(self, n_samples) -> pd.DataFrame:
                ...
        def do_operator (self, interventions) -> 'SCM':
                ...
        def plot_graph(self, title) -> None:
                ...
```

زیربخش دوم: (تاثیر دوره آموزشی) (۹ نمره)

در این قسمت، به‌کمک کلاس پیاده‌سازی‌شده در زیربخش پیشین، شما یک مدل علی ساختاری می‌سازید، داده‌های مشاهده‌ای[۷] و مداخله‌ای[۸] تولید می‌کنید و تفاوت همبستگی آماری را با اثر علی واقعی می‌سنجید.

فرض کنید مؤسسه آموزشی توسلی‌پور و شرکا، یک دوره فشرده آمادگی کنکور با هدف بهبود عملکرد دانشجویان در این آزمون راه‌اندازی کرده است. این مؤسسه ادعا می‌کند دوره فشرده‌اش تراز آزمون دانشجویان را به شدت بالا می‌برد. برای بررسی این ادعا، داده‌های مربوط به تراز آزمون (Y) و وضعیت ثبت‌نام در دوره ($X \in \{0,1\}$) را جمع‌آوری کرده‌ایم. اما یک چالش وجود دارد: ثبت‌نام تصادفی نیست. دانش‌آموزان باانگیزه‌تر، هم بیشتر ثبت‌نام می‌کنند و هم بدون دوره هم تراز می‌گیرند. این یعنی یک عامل مخدوش‌کننده پنهان به نام انگیزه (U) وجود دارد که روابط این سه متغیر در معادلات ساختاری زیر آمده است:

$$U \sim \mathcal{N}(0,1)$$

$$X = 7U + \epsilon_X > 0 \qquad \epsilon_X \sim \mathcal{N}(0,1)$$

$$Y = 3X + 2U + \epsilon_S \qquad \epsilon_Y \sim \mathcal{N}(0,1)$$

الف) این مدل را بسازید و نمودار گراف علّی آن را ترسیم نمایید.

ب) ده‌هزار داده مشاهده‌ای تولید کرده و مقدار زیر را محاسبه کنید:

$$observational\ difference: E[Y|X=1] - E[Y|X=0]$$

ج) ده‌هزار داده مداخله‌ای $do(X=0)$ و $do(X=1)$ تولید کرده و مقدار زیر را حساب کنید:

$$true\ causal\ effect\ (ATE): E[Y|do(X=1)] - E[Y|do(X=0)]$$

د) دو مقدار محاسبه‌شده را تفسیر و مقایسه کنید. علت اختلاف آن‌ها چیست؟ شرح دهید.

[7] observational
[8] interventional

زیربخش سوم: (سیگار نکشیم!) (۱۵ نمره)

فرض کنید با یک نهاد بهداشت عمومی همکاری می‌کنید. شما قرار است (به‌کمک کلاس پیاده‌سازی‌شده در زیربخش اول) یک مدل SCM برای بیماری قلبی بسازید که نشان می‌دهد چگونه ویژگی‌های زمینه‌ای، سبک زندگی و زیست‌شناسی فرد در تعامل با یک‌دیگر روی احتمال ابتلای فرد به بیماری قلبی تاثیر می‌گذارند. متغیرها و معادلات ساختاری مدل عبارت‌اند از:

- سن.
- وضعیت اجتماعی‌اقتصادی (SES) – مقدار بالاتر به‌معنای وضعیت بهتر است.
- ژنتیک – نمره خطر ژنتیکی؛ مقدار بالاتر یعنی استعداد ارثی بیشتر.
- سیگاری بودن – صفرویکی؛ مقدار یک یعنی فرد سیگاری است.
- شاخص توده بدنی (BMI).
- فشار خون (BP).
- کلسترول.
- خطر بیماری – احتمال ابتلا به بیماری قلبی (عددی بین ۰ و ۱).

$$Age = \epsilon_{Age}$$
$$SES = \epsilon_{SES}$$
$$Genetics = \epsilon_{Gen}$$
$$Smoking = 1\{\epsilon_{Smoke} < \sigma(-2 + 0.03 \cdot Age - 0.5 \cdot SES)\}$$
$$BMI = 25 + 2 \cdot Smoking - SES + \epsilon_{BMI}$$
$$BP = 120 + 5 \cdot Smoking + 0.3 \cdot Age + 2 \cdot Genetics + \epsilon_{BP}$$
$$Cholesterol = 180 + 10 \cdot Smoking - 0.5 \cdot BMI + \epsilon_{Chol}$$
$$Disease = \sigma(-15 + 0.6 \cdot Smoking + 0.02 \cdot Age + 0.01 \cdot BMI + 0.03 \cdot BP + 0.04 \cdot Cholesterol + 0.2 \cdot Genetics)$$

$$\epsilon_{Age} \sim \mathcal{N}(50, 10^2), \quad \epsilon_{SES} \sim \mathcal{N}(0, 1^2), \quad \epsilon_{Gen} \sim \mathcal{N}(0, 1^2)$$
$$\epsilon_{Smoke} \sim Uniform(0,1), \quad \epsilon_{BMI} \sim \mathcal{N}(0, 3^2), \quad \epsilon_{BP} \sim \mathcal{N}(0, 10^2)$$
$$\epsilon_{Chol} \sim \mathcal{N}(0, 15^2)$$

این مدل را ساخته و نمودار گراف علّی آن را نمایش دهید.

نهاد بهداشت می‌خواهد تأثیر علّی سیگار کشیدن را بفهمد. از آن‌جایی‌که شما به مدل علّی دسترسی دارید، می‌توانید مداخله انجام دهید – یعنی می‌توانید سیگاری بودن یا نبودن افراد را به صورت فرضی تغییر دهید و اثر این عمل را مشاهده کنید.

مشابه آن‌چه در زیربخش پیشین انجام داده‌اید، در این‌جا نیز نیاز است، نمونه‌های مداخله‌ای تولید کنید و سپس مقادیر خواسته‌شده را محاسبه کنید.

۱. ATE

فرض کنید کل جمعیت سیگار را ترک کند و سپس تصور کنید همه سیگاری شوند، تفاوت متوسط احتمال بیماری بین این دو جمعیت را محاسبه کنید.

$$ATE = E[Disease_{do(Smoking=1)}] - E[Disease_{do(Smoking=0)}]$$

۲. ATT

نهاد بهداشت علاقه‌مند است بداند سیگار چه تأثیری بر کسانی که واقعاً سیگار می‌کشند، دارد. با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای، افراد سیگاری را شناسایی کنید. حالا همان مقایسه مداخله‌ای (تفاوت بین دو جمعیت) را فقط برای همین افراد محاسبه کنید. اثر متوسط سیگار روی خود سیگاری‌ها را به‌دست آورید.

$$ATT = E[Disease_{do(Smoking=1)} \mid Smoking = 1] - E[Disease_{do(Smoking=0)} \mid Smoking = 1]$$

۳. CATE

نهاد بهداشت گمان می‌کند سیگار برای افراد مسن‌تر خطرناک‌تر است. جمعیت را به دو گروه تقسیم کنید: سن بالای ۵۵ سال، و سن ۵۵ سال یا کمتر. برای هر گروه جداگانه، اثر علّی متوسط تغییر مصرف سیگار از ۰ به ۱ را محاسبه کنید.

$$CATE(Age > 55) = E[Disease_{do(Smoking=1)} \mid Age > 55] - E[Disease_{dp(Smoking=0)} \mid Age > 55]$$

$$CATE(Age \leq 55) = E[Disease_{do(Smoking=1)} \mid Age \leq 55] - E[Disease_{do(Smoking=0)} \mid Age \leq 55]$$

با مقایسه مقادیر، تحلیل و تفسیر خود از نتایج را بیان کنید.

زیربخش چهارم: (قالب جدید وب‌سایت) (۱۹ نمره)

فرض کنید در یک پلتفرم بزرگ رسانه‌ای، به عنوان متخصص داده استخدام شده‌اید. تیم محصول شما ماه‌ها روی یک طراحی و چیدمان[9] جدید کار کرده است؛ منوهای ساده‌تر، پوسترهای بزرگ‌تر و پیشنهادهای شخصی‌سازی‌شده. آن‌ها معتقدند این تغییرات باعث می‌شود کاربران زمان بیشتری را در سایت سپری کنند.

هفته گذشته، آن‌ها یک عرضه تدریجی را آغاز کردند. کاربران بر اساس یک منطق ساده به چیدمان جدید هدایت می‌شدند: کاربران جوان‌تر بیشتر چیدمان قدیمی را می‌دیدند، درحالی‌که کاربران مسن‌تر غالباً چیدمان جدید را دریافت می‌کردند؛ چون الگوریتم این فرض کرده‌بود که آن‌ها به منوهای ساده‌تری نیاز دارند.

روزی از روزها، مدیر محصول، میانگین‌های اولیه و خام به دست آمده از لاگ‌های مشاهداتی را به شما نشان می‌دهد و می‌گوید: «کاربران در چیدمان جدید، دقایق کمتری را نسبت به چیدمان قدیمی در سایت سپری می‌کنند! ما می‌خواهیم کل پروژه را لغو کنیم.»

فایل website_engagement_data.csv در اختیارتان قرار گرفته‌است. شما باید از استنباط علّی برای آشکار کردن حقیقت استفاده کنید. اگر چیدمان جدید واقعاً عملکرد خوبی دارد، پروژه را نجات دهید و اگر داده‌های اولیه درست می‌گویند، شکست آن را تایید کنید. سعی کنید تحلیل و توضیحاتی که ارائه می‌دهید کامل‌وجامع، همراه با شواهد (نمودار، آماره محاسبه‌شده و...) باشد تا مدیر محصول بتواند با اطمینان، تصمیم درست را بگیرد.

به عنوان راهنمایی، برای مثال، یک گزارش **پیشنهادی** موردانتظار این‌گونه است:

بخش یک: حالت ساده‌لوحانه[10]

- تجمیع توصیفی: میانگین زمان سپری‌شده را برای چیدمان قدیمی در مقابل چیدمان جدید محاسبه کنید.
- رگرسیون ساده: یک مدل OLS (کمترین مربعات معمولی) ساده روی داده‌ها برازش دهید: $time_spent \sim layout$.

[9] layout
[10] naive

- ضریب مربوط به چیدمان جدید را گزارش کنید.
- آیا این ضریب از نظر آماری معنادار است؟
- یک تحلیل‌گر ناشی چه اقدامی را به مدیریت پیشنهاد می‌کند؟

بخش دو: تشخیص بصری

- تحلیل توزیع: یک نمودار شمارشی یا نمودار میله‌ای انباشته رسم کنید که نشان دهد گروه‌های سنی چگونه در میان دو چیدمان توزیع شده‌اند.
  - آیا عدم تعادل[11] مشاهده می‌کنید؟ چرا این موضوع اهمیت دارد؟
- بصری‌سازی تناقض: یک نمودار جعبه‌ای گروهی یا نمودار ویولنی (و یا هر نمودار دیگری) از زمان سپری‌شده رسم کنید که به تفکیک چیدمان و گروه سنی مشخص شده باشد.
  - در هر گروه سنی، کدام چیدمان زمان سپری‌شده بیشتری دارد؟
  - به زبان ساده و روان توضیح دهید که چرا میانگین کل (کل جامعه آماری) فریبنده و گمراه‌کننده است.
  - پدیده‌ای (پارادوکس(؟!)) را که در این داده‌ها رخ داده، شرح دهید.

بخش سه حل مسئله علّی

- رسم DAG: با استفاده از کلاسی که در زیربخش اول این سوال پیاده‌سازی کرده‌اید، نمودار گراف علّی ترسیم کنید تا نشان دهد که یک متغیر مخدوش‌کننده وجود دارد.
- رگرسیون کنترل‌شده: یک مدل رگرسیون OLS چندمتغیره روی داده‌ها اجرا کنید: $time_spent \sim layout + age_group$.
  - ضریب به‌دست‌آمده برای چیدمان جدید را با ضریب به‌دست‌آمده در بخش ۱ مقایسه کنید.
  - آیا علامت ضریب تغییر کرد؟ چرا این اتفاق می‌افتد؟
  - توصیه نهایی شما به مدیر محصول چیست؟

[11] imbalance

بخش چهار: اثبات پایداری و صحت مدل

- تست دارونما[12]: ستون چیدمان را به صورت تصادفی بر هم بزنید. همان رگرسیون کنترل‌شده قبلی یعنی $time_spent \sim layout + age_group$ را دوباره اجرا کنید.
  - اکنون ضریب چیدمان جدید چقدر است؟
  - اگر تعدیل و کنترل شما معتبر باشد، انتظار چه مقداری را برای این ضریب دارید؟
  - توضیح دهید که چرا این تست، نتیجه‌گیری شما را محکم‌تر و قابل‌اعتمادتر می‌کند.

[12] placebo test

نکات تحویل

- مهلت ارسال این تمرین تا پایان روز "جمعه ۲۲ خرداد ماه" خواهد بود.
- این زمان قابل تمدید نیست و درصورت نیاز می‌توانید از گریس استفاده کنید.
- در نظر داشته باشید که حداکثر مهلت آپلود تمرین در سامانه تا ۷ روز پس مهلت تحویل است و پس از آن سامانه بسته خواهد شد.
- در صورت وجود سوال و یا ابهام میتوانید از طریق ایمیل با موضوع TAI_HW3 با تدریسیاران آموزشی در ارتباط باشید. توجه کنید که حتما ایمیل سرتدریسیار نیز CC شود.
- لطفا گزارش، فایل کدها و سایر ضمائم مورد نیاز را با فرمت زیر در سامانه بارگذاری نمائید:

HW3 _[Lastname]_[StudentNumber].zip

- تدریسیاران تمرین:

۱. حسین لشگری

h.lashgari@ut.ac.ir

۲. علی‌رضا زمانی

ar.zamani@ut.ac.ir

- سرتدریس‌یار:

محمد گرجی

gorji.mohammad@ut.ac.ir

با آرزوی سلامتی و موفقیت روزافزون