

**تکلیف کامپیوتری شماره‌ی ۶**

فصل دوازدهم و سیزدهم

استدلال احتمالاتی

PROBABILISTIC REASONING

برنامه‌های خواسته شده در تمرین‌های زیر را در زبان PYTHON پیاده‌سازی کنید و تمام فایل‌ها و گزارش مربوطه را در قالب یک فایل zip در محل مشخص شده در سایت درس آپلود کنید.

(۱) در این تمرین، شما بایستی یک برنامه بنویسید که استنتاج در یک شبکه بی‌زی را با استفاده از روش «مونت کارلو» انجام می‌دهد. برای سادگی، می‌توانید فرض کنید که تمام متغیرهای تصادفی، دودویی (binary) هستند. خط اول فایل ورودی تعداد متغیرهای موجود در سیستم خواهد بود. n خط بعدی فایل ورودی شامل متغیرهای موجود در سیستم خواهد بود (برای هر متغیر یک خط). پس از توصیف متغیرها، یک ماتریس پیوند (link) برای هر متغیر وجود خواهد داشت. برای متغیرهایی که والدی ندارند، ماتریس پیوند به صورت زیر است:

$$P(\langle \text{variable name} \rangle)$$

$$\langle P(\langle \text{variable name} \rangle = \text{false}) \rangle \langle P(\langle \text{variable name} \rangle = \text{true}) \rangle$$

به‌عنوان مثال، اگر A یک متغیر ریشه باشد که با احتمال ۰٫۶۶ درست باشد، خواهیم داشت:

$$P(A)$$

$$0.34 \quad 0.66$$

برای یک متغیر با دو والد A و B ، ماتریس پیوند

$P(A B, C)$	$\neg a$	a
$\neg b, \neg c$	0.2	0.8
$\neg b, c$	0.5	0.5
$b, \neg c$	0.3	0.7
b, c	0.4	0.6

به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$P(A|B, C)$$

$$0.2 \quad 0.8$$

$$0.5 \quad 0.5$$

$$0.3 \quad 0.7$$

$$0.4 \quad 0.6$$

به همین ترتیب، برای یک متغیر A با سه والد B ، C و D ماتریس پیوند:

$P(A B, C)$	$\neg a$	a
$\neg b, \neg c, \neg d$	0.2	0.8
$\neg b, \neg c, d$	0.5	0.5
$\neg b, c, \neg d$	0.3	0.7
$\neg b, c, d$	0.4	0.6
$b, \neg c, \neg d$	0.1	0.9
$b, \neg c, d$	0.8	0.2
$b, c, \neg d$	0.6	0.4
b, c, d	0.9	0.1

به صورت زیر نمایش داده می شود:

```
P(A|B,C,D)
0.2 0.8
0.5 0.5
0.3 0.7
0.4 0.6
0.1 0.9
0.8 0.2
0.6 0.4
0.9 0.1
```

پس از ماتریس پیوند، یک خط متشکل از پنج خط تیره وجود دارد:

و به دنبال آن یک لیست شواهد برای یک زیرمجموعه از متغیرها، که به فرم زیر است می آید:

```
<variable name> <value>
```

و سپس یک خط دیگر شامل پنج خط تیره می آید.

نمونه‌ی یک ورودی در فرم قانونمند چیزی شبیه زیر است:

```
4
A
B
C
D
P(A)
0.2 0.8
P(B|A)
0.3 0.7
0.1 0.9
P(C|A)
0.85 0.15
```

```

0.25 0.75
P(D|B,C)
0.2 0.8
0.6 0.4
0.6 0.4
0.9 0.1
-----
D 1
-----

```

برنامه‌ی شما به‌عنوان ورودی تعداد تکرارها و نام فایل را دریافت می‌کند و باید تعداد مناسب آزمایش تصادفی انجام دهد. در هر آزمایش، برای هر یک از متغیرها، براساس ماتریس‌های پیوند، یک مقدار انتخاب می‌شود. برای متغیرهای ریشه، یک مقدار براساس احتمال این که متغیر درست باشد انتخاب می‌شود. برای متغیرهای دارای والد، به مقادیر انتخاب شده برای همه والد‌ها نگاه می‌کنیم و سپس از سطر مناسب در ماتریس پیوند برای تعیین مقدار متغیر استفاده می‌کنیم. پس از انجام این کارها، ملاحظه می‌کنیم که آیا شواهد با مقدارهای ما منطبق است یا خیر. اگر نبود، از این آزمایش بیرون می‌آییم. اگر بود، مقادیری که هر متغیر در آن درست است را ثبت می‌کنیم. وقتی تمام آزمایش‌ها انجام شد، احتمال هر متغیر برابر است با تعداد دفعاتی که آن متغیر در آزمایش درست (true) بوده است تقسیم بر تعداد آزمایش‌های معتبر. توجه داشته باشید که فقط ارزیابی بسیار ساده انجام می‌شوند، چیزهایی مانند $P(a|b, c)$ نه چیز پیچیده‌ای مانند $P(a, b|c, d)$.

برنامه‌ی شما باید یک خروجی به شکل زیر تولید کند: تعداد آزمایش‌های معتبر، احتمال هر متغیر. مثلاً:

```

Valid Trials: 39759
P(A) = 0.432
P(C) = 0.321
P(B) = 0.510
P(D) = 1.0

```

یک فایل پایتون برای شروع کار ضمیمه شده است. کدهای خود را در فایل `montecarlo.py` وارد کنید.

۲) در این تمرین شما به پیاده‌سازی یک شبکه بیزی که رابطه‌ی بین زردی انگشتان، سیگار کشیدن، سرطان، شراره‌های خورشیدی، تشعشع و استفاده از اجاق مایکروویو را نشان می‌دهد می‌پردازید. در این مدل‌سازی سیگار کشیدن منجر به زردی انگشتان و سرطان شده، شراره خورشیدی و پخت غذا در مایکروویو منجر به تشعشع و تشعشعات نیز منجر به سرطان می‌شود. همچنین فرض کنید اطلاعات زیر از شبکه مد نظر مشاهده شده است:

```
Prior Prob(Smoking=1)=0.3
Prior Prob(Solar Flares=1)=0.8
Prior Prob(Microwave=1)=0.9
Prob(Radiation=1 | Flare=0, Microwave=0)=0.1
Prob(Radiation=1 | Flare=0, Microwave=1)=0.2
Prob(Radiation=1 | Flare=1, Microwave=0)=0.2
Prob(Radiation=1 | Flare=1, Microwave=1)=0.9
Prob(Cancer=1 | Smoking=0, Radiation=0)=0.1
Prob(Cancer=1 | Smoking=0, Radiation=1)=0.6
Prob(Cancer=1 | Smoking=1, Radiation=0)=0.3
Prob(Cancer=1 | Smoking=1, Radiation=1)=0.9
Prob(Yellow Finger=1 | Smoking=0)=0.11
Prob(Cancer=1 | Smoking=1)=0.8
```

برای پیاده‌سازی شبکه‌ی بیزی از کتابخانه‌ی PyMC3 استفاده کنید و به سوالات زیر پاسخ دهید:

- (الف) احتمال پیشین سرطان چقدر است؟
 (ب) احتمال سیگار کشیدن به شرط وقوع سرطان؟
 (ج) احتمال سیگار کشیدن به شرط وقوع سرطان و تشعشع؟
 (د) پتوی مارکوف برای زردی انگشتان؟