

# بسمه تعالی

## هوش مصنوعی شبکه های بیزی - ۲ نیمسال اول ۱۴۰۴-۱۴۰۳

دکتر مازیار پالهنک  
آزمایشگاه هوش مصنوعی  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر  
دانشگاه صنعتی اصفهان

# یادآوری

■ معرفی شبکه های بیزی

■ مثال

# معنا

■ توزیع توأم کلی

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i \mid \text{parents}(X_i))$$

■ مثال:

$$\begin{aligned} P(j, m, a, \neg b, \neg e) &= P(j \mid a)P(m \mid a)P(a \mid \neg b \wedge \neg e)P(\neg b)P(\neg e) \\ &= 0.90 \times 0.70 \times 0.001 \times 0.999 \times 0.998 = 0.000628 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(j, m, a, \neg b, \neg e) &= P(j \mid a)P(m \mid a)P(a \mid \neg b \wedge \neg e)P(\neg b)P(\neg e) \quad \text{ویرایش جدید} \\ &= 0.90 \times 0.70 \times 0.01 \times 0.999 \times 0.998 = 0.00628. \end{aligned}$$

# ساخت شبکه های بیزی

■ قانون ضرب:

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1) P(x_{n-1}, \dots, x_1)$$

■ قانون زنجیری:

$$\begin{aligned} P(x_1, \dots, x_n) &= P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1) P(x_{n-1} | x_{n-2}, \dots, x_1) \cdots P(x_2 | x_1) P(x_1) \\ &= \prod_{i=1}^n P(x_i | x_{i-1}, \dots, x_1) . \end{aligned}$$

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i | \text{parents}(X_i)) \quad \text{■ مقایسه:}$$

$$\mathbf{P}(X_i | X_{i-1}, \dots, X_1) = \mathbf{P}(X_i | \text{Parents}(X_i)) \quad \text{■ معادل با}$$

$$\text{Parents}(X_i) \subseteq \{X_{i-1}, \dots, X_1\} \quad \text{■ اگر}$$

■ مشخص کردن متغیرهای تصادفی لازم

■ مرتب کردن  $X_1 \dots X_n$

■ هر ترتیبی کار می کند ولی بهتر است ابتدا سببها بعد آثار

■ برای  $i=1$  تا  $n$

■ اضافه کردن رأس  $X_i$

■ انتخاب ولیها از میان  $X_1$  تا  $X_{i-1}$  بطوریکه

$$\mathbf{P}(X_i | X_{i-1}, \dots, X_1) = \mathbf{P}(X_i | \text{Parents}(X_i))$$

■ رسم یالها

■ نوشتن توزیع

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$



■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$

M

J

■  $p(J | M) = p(J)$ ؟

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$

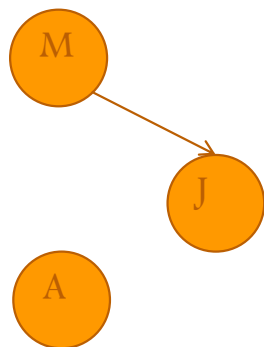


■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه



■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$

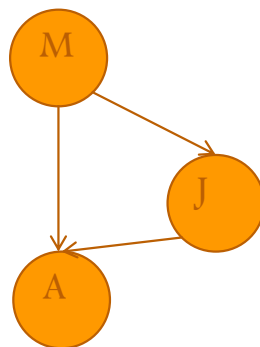


■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه

■  $P(A | J, M) = P(A | J)?$   $P(A | J, M) = P(A)?$

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$

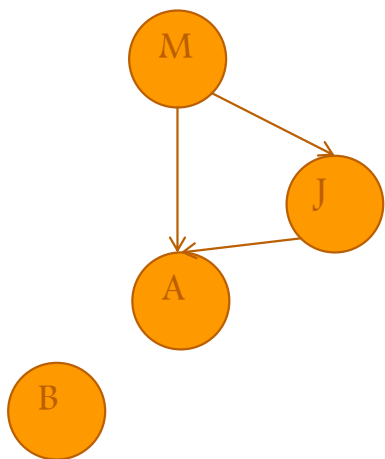


■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه

■  $P(A | J, M) = P(A | J)$ ?  $P(A | J, M) = P(A)$ ؟ نه

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$



■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه

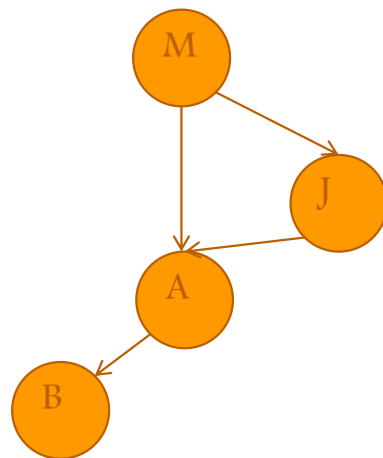
■  $P(A | J, M) = P(A | J)$ ?  $P(A | J, M) = P(A)$ ؟ نه

■  $P(B | A, J, M) = P(B | A)$ ؟

■  $P(B | A, J, M) = P(B)$ ؟

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$



■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه

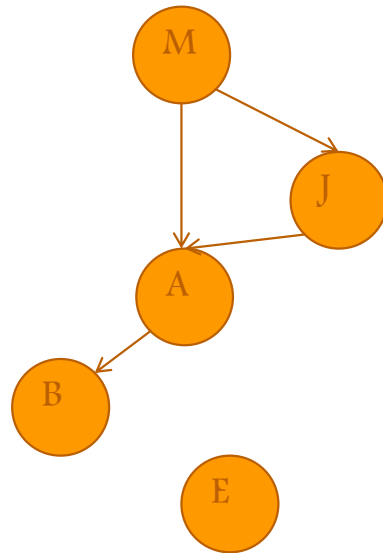
■  $P(A | J, M) = P(A | J)$ ?  $P(A | J, M) = P(A)$ ? نه

■  $P(B | A, J, M) = P(B | A)$ ? بله

■  $P(B | A, J, M) = P(B)$ ? نه

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$



■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه

■  $P(A | J, M) = P(A | J)$ ?  $P(A | J, M) = P(A)$ ؟ نه

■  $P(B | A, J, M) = P(B | A)$ ؟ بله

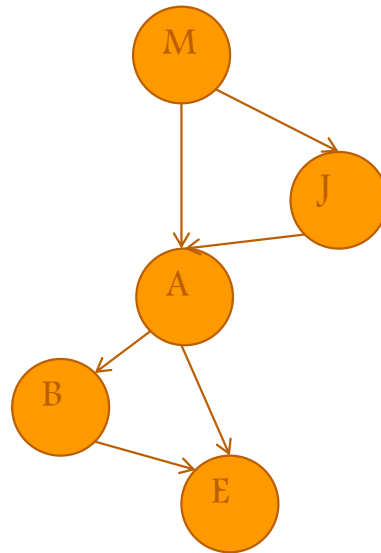
■  $P(B | A, J, M) = P(B)$ ؟ نه

■  $P(E | B, A, J, M) = P(E | A)$ ؟ نه

■  $P(E | B, A, J, M) = P(E | A, B)$ ؟

■ اگر ترتیب خوب انتخاب نشده باشد می تواند پیچیدگی را افزایش دهد.

■ فرض: ترتیب متغیرها  $M, J, A, B, E$



■  $p(J | M) = p(J)$ ؟ نه

■  $P(A | J, M) = P(A | J)$ ?  $P(A | J, M) = P(A)$ ؟ نه

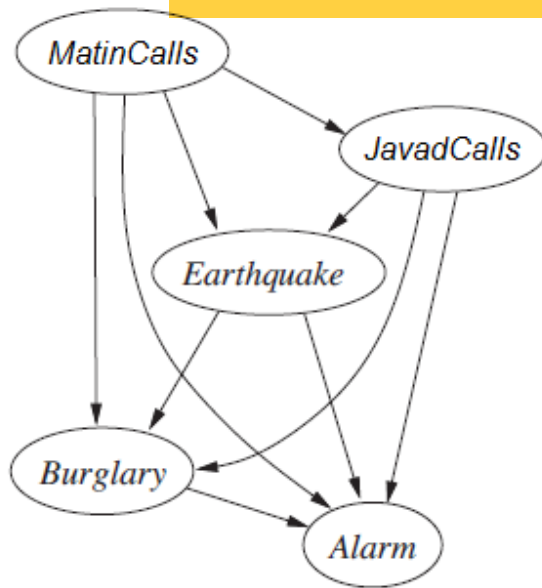
■  $P(B | A, J, M) = P(B | A)$ ؟ بله

■  $P(B | A, J, M) = P(B)$ ؟ نه

■  $P(E | B, A, J, M) = P(E | A)$ ؟ نه

■  $P(E | B, A, J, M) = P(E | A, B)$ ؟ بله

■ اگر سعی کنیم مدل تشخیصی بجای مدل سببی طراحی کنیم  
مجبور به مشخص کردن وابستگیهای اضافی خواهیم شد.



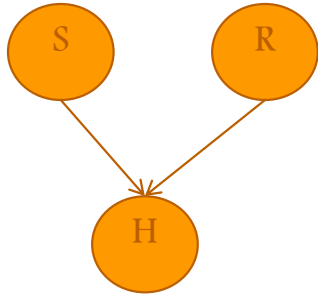
■ یک ترتیب بد متغیرها

■ احتیاج به مشخص کردن ۳۱ احتمال

■ به اندازه توزیع توأم کلی

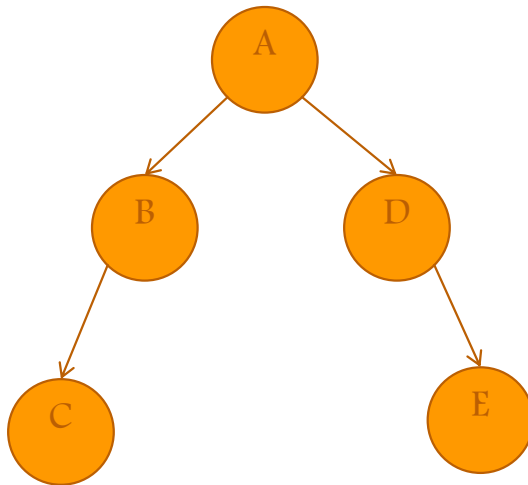
# explaining away توضیح دادن

■ اثر مشترک



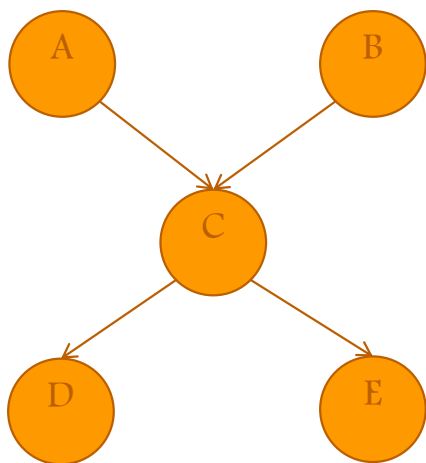


# جدائی D (D-separation)



×	$C, A$	■
✓	$C, A   B$	■
×	$C, D$	■
✓	$C, D   A$	■
×	$E, C$	■
✓	$E, C   A$	■

**در این حالت:** دو متغیر از هم مستقل هستند اگر بوسیله متغیرهای ناشناس به هم مرتبط نباشند.

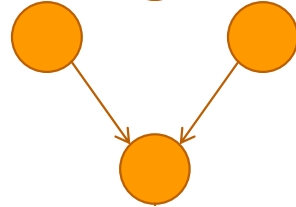
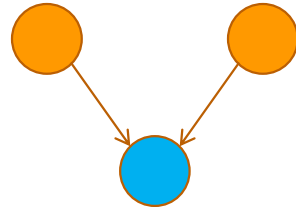
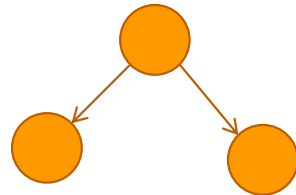
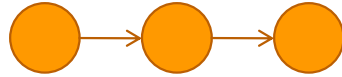


- ✗  $A, C$  ■
- ✗  $A, E$  ■
- ✗  $A, E | B$  ■
- ✓  $A, E | C$  ■
- ✓  $A, B$  ■
- ✗  $A, B | C$  ■

# جدائی D (D-separation)

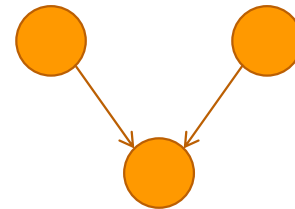
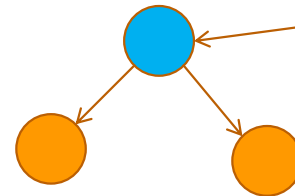
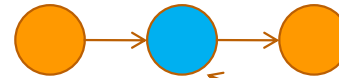
- بررسی استقلال متغیرها از روی گراف
- بررسی سه تائیه‌ای در طول مسیر بین متغیرها
- سه تائیه‌ای فعال = وابسته
- سه تائیه‌ای غیرفعال = غیروابسته

### فعال (وابسته)



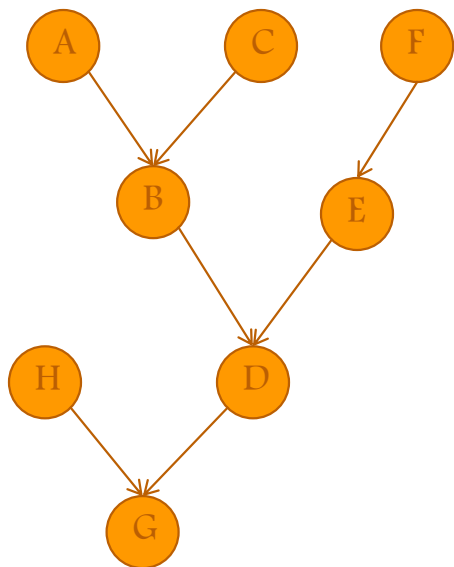
مازیار پالهنک

### غیر فعال (غیر وابسته)



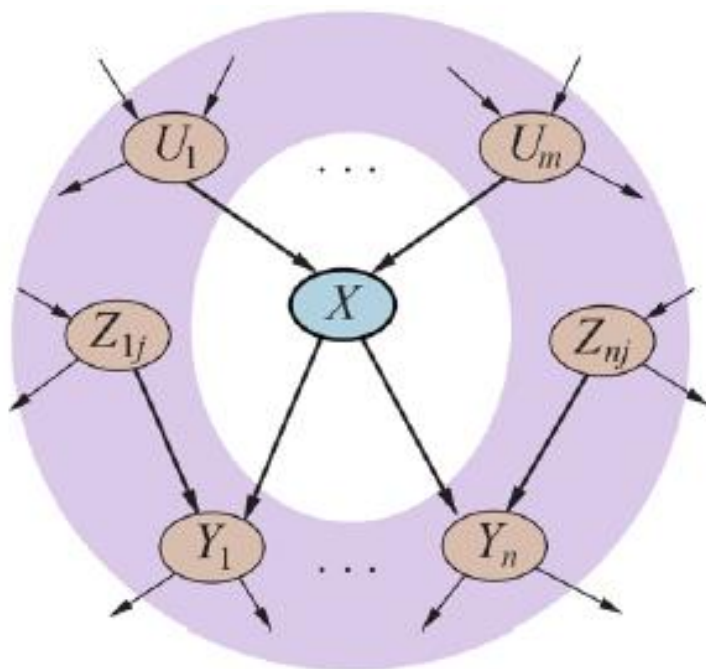
شناخته شده

هوش مصنوعی



✓	$F, A$	■
✗	$F, A   D$	■
✗	$F, A   G$	■
✓	$F, A   H$	■

# پتوی مارکف



■ هر رأس بصورت شرطی از همهٔ دیگر رئوس مستقل است به شرط داشتن پتوی مارکف خود (Markov blanket)

■ پتوی مارکف: والدین + فرزندان + والدین فرزندان

# استنتاج با فهرست کردن

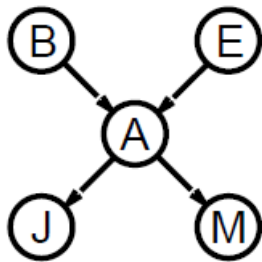
- ممکن است مایل باشیم توزیع احتمال یک متغیر (متغیر سؤال) را به شرط داشتن برخی از متغیرهای دیگر (متغیرهای دلیل) بدست آوریم.

$$P(X | e)$$

$$P(X | e) = \alpha P(X, e) = \alpha \sum_y P(X, e, y).$$

# استنتاج با فهرست کردن

■ در مثالی که داشتیم:



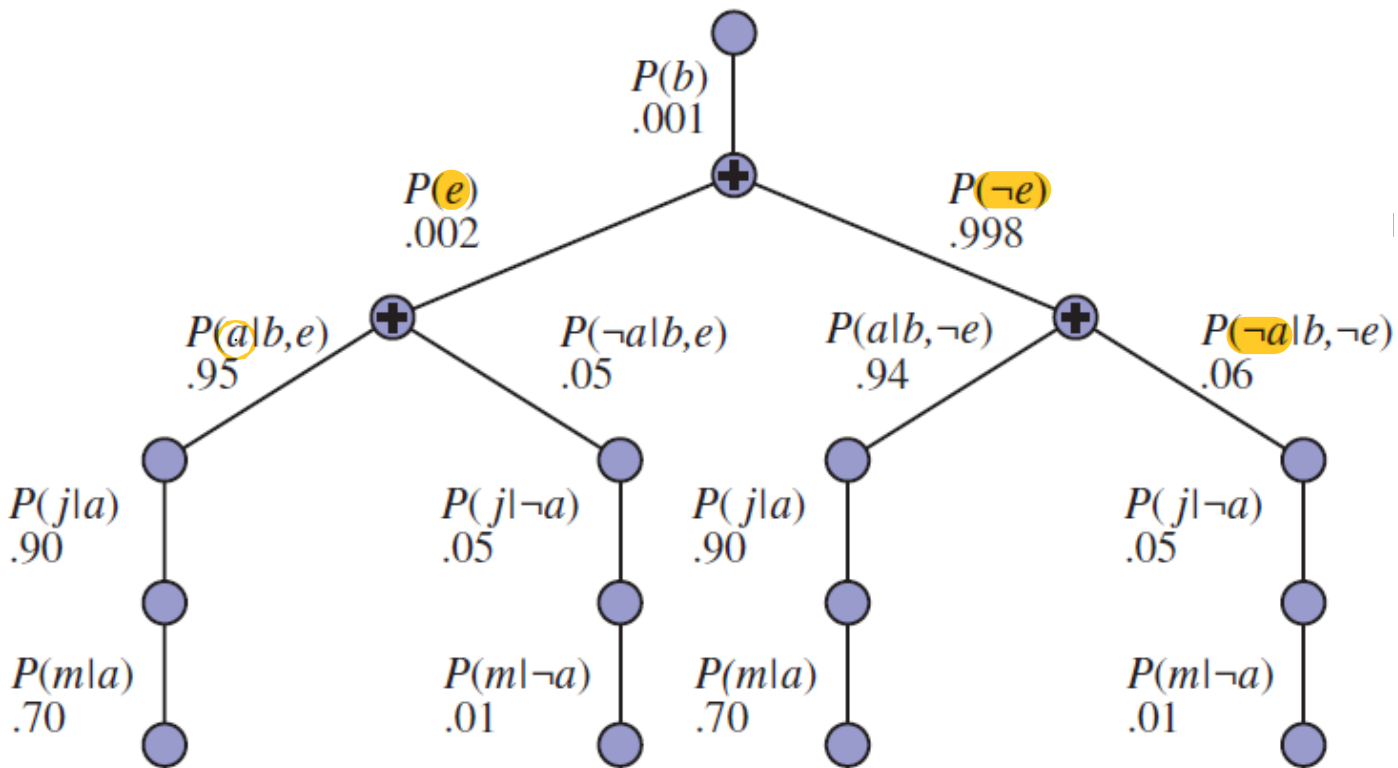
$$\begin{aligned} P(B|j, m) &= P(B, j, m) / P(j, m) \\ &= \alpha P(B, j, m) \\ &= \alpha \sum_e \sum_a P(B, e, a, j, m) \end{aligned}$$

■ با استفاده از گراف:

$$\begin{aligned} P(B|j, m) &= \alpha \sum_e \sum_a P(B) P(e) P(a|B, e) P(j|a) P(m|a) \\ &= \alpha P(B) \sum_e P(e) \sum_a P(a|B, e) P(j|a) P(m|a) \end{aligned}$$

$$P(B | j, m) = \alpha \langle 0.00059224, 0.0014919 \rangle \approx \langle 0.284, 0.716 \rangle$$





**Figure 13.10** The structure of the expression shown in Equation (13.5). The evaluation proceeds top down, multiplying values along each path and summing at the “+” nodes. Notice the repetition of the paths for  $j$  and  $m$ .



اصفهان - بوستان شهرستان

مازیار پالهنګ

هوش مصنوعی

26

- دقت نمائید که پاورپوینت ابزاری جهت کمک به یک ارائه شفاهی می باشد و به هیچ وجه یک جزوه درسی نیست و شما را از خواندن مراجع درس بی نیاز نمی کند.
- لذا حتماً مراجع اصلی درس را مطالعه نمائید.
- در تهیه این اسلایدها، از اسلایدهای سایت کتاب و برخی منابع از اینترنت استفاده شده است.