

# بسمه تعالی

## هوش مصنوعی استنتاج در منطق مرتبهٔ اول - ۳ نیمسال اول ۱۴۰۴-۱۴۰۳

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

■ چگونگی استنتاج در منطق مرتبه اول

■ تبدیل به پایگاه دانش گزاره ای

■ استفاده از حذف عمومی

■ استفاده از حذف وجودی

■ عدم کارآئی مناسب

■ قانون انتزاع تعمیم یافته

■ یکسان سازی

■ زنجیربندی به جلو و عقب

# تحلیل Resolution

■ در حالت منطق مرتبه اول

$$\frac{\ell_1 \vee \dots \vee \ell_k, \quad m_1 \vee \dots \vee m_n}{\text{SUBST}(\theta, \ell_1 \vee \dots \vee \ell_{i-1} \vee \ell_{i+1} \vee \dots \vee \ell_k \vee m_1 \vee \dots \vee m_{j-1} \vee m_{j+1} \vee \dots \vee m_n)}$$

■ که  $\text{UNIFY}(\ell_i, \neg m_j) = \theta$

■ فرض می شود که دو کلاوز جداسازی استاندارد شده اند

■ مثال:

$$\frac{\neg \text{Rich}(x) \vee \text{Unhappy}(x) \quad \text{Rich}(\text{Amin})}{\text{Unhappy}(\text{Amin})}$$

■ قانون تحلیل را به  $\text{CNF}(\text{KB} \wedge \neg \alpha)$  اعمال می کنیم.

■ برای م.م.ا. کامل است.

# تبدیل به شکل عطفی عادی

■ هر کسی که همه حیوانات را دوست دارد، کسی او را دوست دارد:

$$\forall x [\forall y \text{ Animal}(y) \Rightarrow \text{Loves}(x,y)] \Rightarrow [\exists y \text{ Loves}(y,x)]$$

■ ۱- حذف دو شرطی و شرطی:

$$\forall x [\neg \forall y \neg \text{Animal}(y) \vee \text{Loves}(x,y)] \vee [\exists y \text{ Loves}(y,x)]$$

■ ۲- حرکت  $\neg$  به داخل:  $\neg \forall x p \equiv \exists x \neg p$ ,  $\neg \exists x p \equiv \forall x \neg p$

$$\begin{aligned} & \forall x [\exists y \neg (\neg \text{Animal}(y) \vee \text{Loves}(x,y))] \vee [\exists y \text{ Loves}(y,x)] \\ & \forall x [\exists y \neg \neg \text{Animal}(y) \wedge \neg \text{Loves}(x,y)] \vee [\exists y \text{ Loves}(y,x)] \\ & \forall x [\exists y \text{ Animal}(y) \wedge \neg \text{Loves}(x,y)] \vee [\exists y \text{ Loves}(y,x)] \end{aligned}$$

# تبدیل به شکل عطفی عادی

۳- جداسازی استاندارد متغیرها: ■

$$\forall x [\exists y \text{ Animal}(y) \wedge \neg \text{Loves}(x, y)] \vee [\exists z \text{ Loves}(z, x)]$$

۴-skolem کردن (شکل کلی تر حذف وجودی) ■

■ باید دقت کرد:

## مثالی از تابع اسکلم

■ هر کسی یک قلب دارد

$$\forall x \text{ Person}(x) \Rightarrow \exists y \text{ Heart}(y) \wedge \text{Has}(x, y)$$

■ اگر دقت نکنیم:

$$\forall x \text{ Person}(x) \Rightarrow \text{Heart}(H) \wedge \text{Has}(x, H)$$

■ با استفاده از تابع skolem

$$\forall x \text{ Person}(x) \Rightarrow \text{Heart}(F(x)) \wedge \text{Has}(x, F(x))$$

# تبدیل به شکل عطفی عادی

۳- جداسازی استاندارد متغیرها

$$\forall x [\exists y \text{ Animal}(y) \wedge \neg \text{Loves}(x, y)] \vee [\exists z \text{ Loves}(z, x)]$$

۴- اسکلم کردن (شکل کلی تر حذف وجودی)  
باید دقت کرد:

$$\forall x [\text{Animal}(A) \wedge \neg \text{Loves}(x, A)] \vee \text{Loves}(B, x)$$



هر متغیر وجودی با یک تابع اسکلم از متغیرهای عمومی که در آن قرار گرفته جایگزین می شود.

$$\forall x [\text{Animal}(F(x)) \wedge \neg \text{Loves}(x, F(x))] \vee \text{Loves}(G(x), x)$$

# تبدیل به شکل عطفی عادی

■ ۵- انداختن سورهای عمومی

$$[Animal(F(x)) \wedge \neg Loves(x, F(x))] \vee Loves(G(x), x)$$

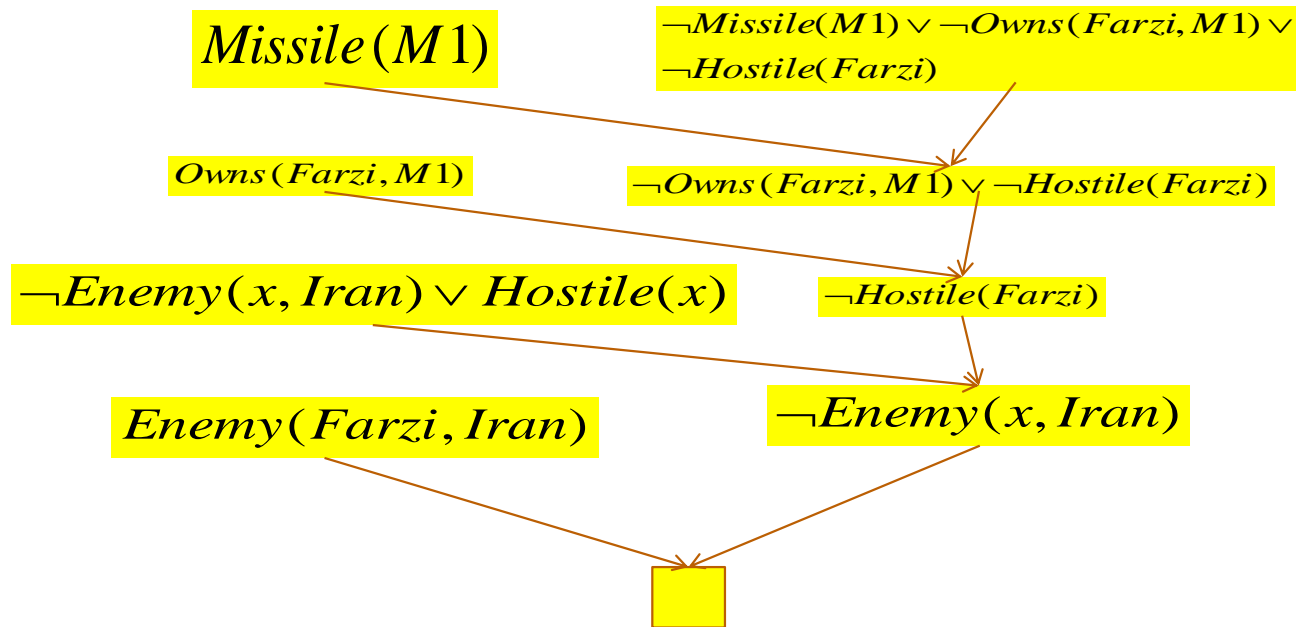
■ ۶- توزیع  $\vee$  روی  $\wedge$

$$[Animal(F(x)) \vee Loves(G(x), x)] \wedge$$
$$[\neg Loves(x, F(x)) \vee Loves(G(x), x)]$$





# بازدید مثال قبل



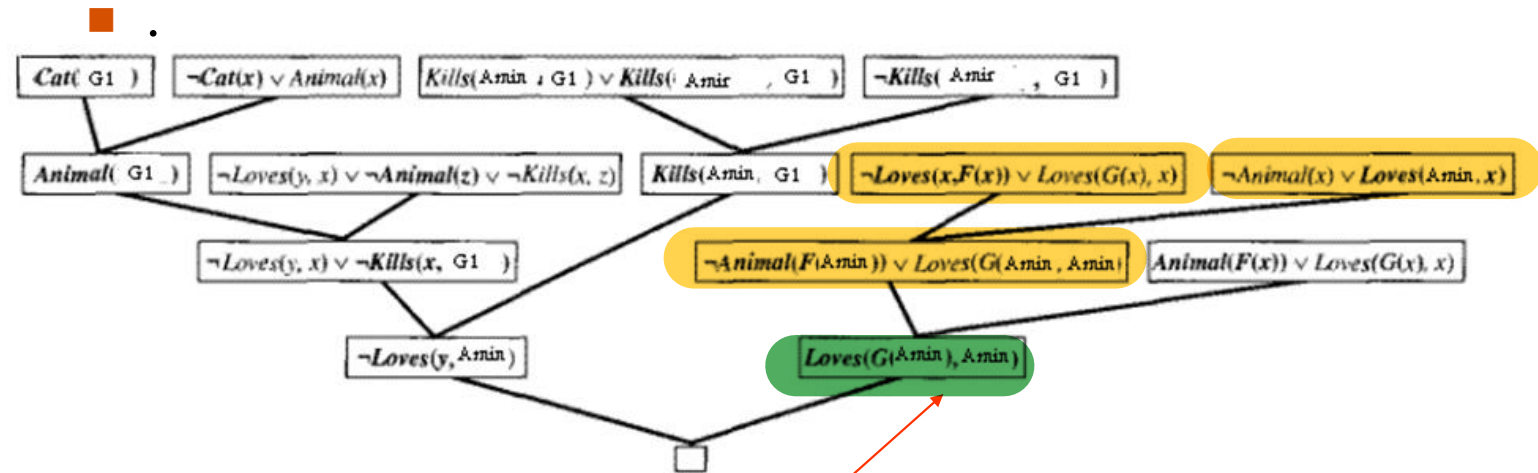
# مثال

- هر کسی همه حیوانات را دوست داشته باشد کسی او را دوست دارد.
- هر کسی که حیوانی را بکشد هیچکس او را دوست ندارد.
- امین همه حیوانات را دوست دارد.
- امین یا امیر گربه ای به نام گ ۱ را کشتند.
- آیا امیر گربه را کشت؟



- A.  $\forall x [\forall y \text{ Animal}(y) \Rightarrow \text{Loves}(x, y)] \Rightarrow [\exists y \text{ Loves}(y, x)]$
- B.  $\forall x [\exists y \text{ Animal}(y) \wedge \text{Kills}(x, y)] \Rightarrow [\forall z \neg \text{Loves}(z, x)]$
- C.  $\forall x \text{ Animal}(x) \Rightarrow \text{Loves}(\text{Amin}, x)$
- D.  $\text{Kills}(\text{Amin}, \text{G1}) \vee \text{Kills}(\text{Amir}, \text{G1})$
- E.  $\text{Cat}(\text{G1})$
- F.  $\forall x \text{ Cat}(x) \Rightarrow \text{Animal}(x)$
- $\neg$ G.  $\neg \text{Kills}(\text{Amir}, \text{G1})$

- A1.  $Animal(F(x)) \vee Loves(G(x), x)$
- A2.  $\neg Loves(x, F(x)) \vee Loves(G(x), x)$
- B.  $\neg Animal(y) \vee \neg Kills(x, y) \vee \neg Loves(z, x)$
- C.  $\neg Animal(x) \vee Loves(Amin, x)$
- D.  $Kills(Amin, G1) \vee Kills(Amir, G1)$
- E.  $Cat(G1)$
- F.  $\neg Cat(x) \vee Animal(x)$
- ¬G.  $\neg Kills(Amir, G1)$



**Figure 9.12** A resolution proof that Amir killed the cat. Notice the use of factoring in the derivation of the clause  $Loves(G(Amin), Amin)$ .

- اغلب علاقمند هستیم که بدانیم چه کسی گ ۱ را کشت؟
- سؤال بصورت  $\exists w \text{ Kills}(w, G1)$
- شکل  $\neg \text{Kills}(w, G1)$ : CNF
- با اثباتی مشابه با جایگزینی  $\{w/Amir\}$

$$\boxed{\text{Kills}(\text{Amin}, G1) \vee \text{Kills}(\text{Amir}, G1)} \quad \boxed{\neg \text{Kills}(w, G1)}$$

- مشکل: تحلیل با  $(G1, \text{Amir}) \vee \text{Kills}(\text{Amin}, G1)$
- با  $\{w/\text{Amin}\}$  به  $\text{Kills}(\text{Amir}, G1)$  می رسیم
- دوباره تحلیل با  $(G1, w) \neg \text{Kills}(w, G1)$  به تهی می رسیم!



■ حل ۱: محدود کنیم که جایگزینی برای متغیرهای سؤال فقط یک بار انجام شود.

■ با عقبگرد به جواب صحیح می رسیم

■ حل ۲: اضافه کردن لیترال پاسخ و نتیجه هر گاه به لیترال پاسخ تک رسیدیم.

■ در مورد مثال قبل:  $\neg \text{Kills}(w, G1) \vee \text{Answer}(w)$

■ با جایگزینی صحیح به  $\text{Answer}(\text{Amir})$  می رسیم.

■ با جایگزینی نادرست به  $\text{Answer}(\text{Amin}) \vee \text{Answer}(\text{Amir})$

# برخورد با برابری

■ اگر در پایگاه داشته باشیم:

■  $A=B$

■  $P(A)$

■ سؤال:  $P(X)$ ?

■ فقط  $X=A$  پاسخ خواهیم گرفت.

# برخورد با برابری

- یک روش ایجاد چند اصل برای برابری:
- خواص انعکاسی، تقارنی، و ترایائی:

$$\forall x \ x = x$$

$$\forall x, y \ x = y \Rightarrow y = x$$

$$\forall x, y, z \ x = y \wedge y = z \Rightarrow x = z$$

$$\forall x, y \ x = y \Rightarrow (P_1(x) \Leftrightarrow P_1(y))$$

$$\forall x, y \ x = y \Rightarrow (P_2(x) \Leftrightarrow P_2(y))$$

$\vdots$

$$\forall w, x, y, z \ w = y \wedge x = z \Rightarrow (F_1(w, x) = F_1(y, z))$$

$$\forall w, x, y, z \ w = y \wedge x = z \Rightarrow (F_2(w, x) = F_2(y, z))$$

$\vdots$

- و برای هر مسند و تابع:

# برخورد با برابری

■ تولید نتایج زیاد نامربوط

■ روش دیگر قانون استنتاج demodulation:

■ برای هر ترم  $x, y$ ، و  $z$  که  $z$  در جایی از لیترال  $m_i$  ظاهر شده است و  $\text{Unify}(x, z) = \theta$

$$\frac{x = y, \quad m_1 \vee \dots \vee m_n}{\text{SUB}(\text{SUBST}(\theta, x), \text{SUBST}(\theta, y), m_1 \vee \dots \vee m_n)}$$

■ که  $\text{SUB}(x, y, m)$  یعنی جایگزینی  $x$  با  $y$  هر جا که  $x$  در  $m$  ظاهر شده است.

# برخورد با برابری

■ مثال: با داشتن:

$$\begin{array}{l} \text{Father}(\text{Father}(x)) = \text{PaternalGrandfather}(x) \\ \text{Birthdate}(\text{Father}(\text{Father}(\text{Amin})), 1320) \end{array}$$

$x$   $z$

■ می توانیم نتیجه بگیریم:

$$\text{Birthdate}(\text{PaternalGrandfather}(\text{Amin}), 1320)$$

# برخورد با برابری

■ بسط قانون قبلی به کلاوزهای غیر تک، بنام قانون  
paramodulation:

■ برای هر ترم  $x$ ،  $y$ ، و  $z$  که  $z$  در جایی از لیترال  $m_i$  ظاهر شده  
است و  $\text{Unify}(x, z) = \theta$ :

$$\frac{\ell_1 \vee \dots \vee \ell_k \vee x = y, \quad m_1 \vee \dots \vee m_n}{\text{SUB}(\text{SUBST}(\theta, x), \text{SUBST}(\theta, y), \text{SUBST}(\theta, \ell_1 \vee \dots \vee \ell_k \vee m_1 \vee \dots \vee m_n))} .$$

# برخورد با برابری

■ مثال:

$$P(\underbrace{F(x, B)}_z), x) \vee Q(x) \quad \text{and} \quad \underbrace{F(A, y)}_x = y \vee R(y)$$

$$\theta = \text{UNIFY}(F(A, y), F(x, B)) = \{x/A, y/B\}$$

$$P(B, A) \vee Q(A) \vee R(B) .$$

## خلاصه

- تحلیل در منطق مرتبه اول
- تبدیل به شکل عادی عطفی
- استفاده از تابع اسکلم
- برخورد با برابری





م. پالهنك

دانشگاه صنعتی اصفهان - مجموعه مفاخر اصفهان

مازیار پالهنك

هوش مصنوعی

25

- 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 اسلایدها از سایت کتاب استفاده شده است.