بسمه تعالی

هوش مصنوعی

استنتاج در منطق مرتبهٔ اوّل - ۲

نیمسال اوّل ۱۴۰۳-۱۴۰۲

دکتر مازیار پالهنگ

آزمایشگاه هوش مصنوعی

دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

- تبدیل به پایگاه دانش گزاره ای
- قانون انتزاع تعمیم یافته
- یکسان سازی
  - جداسازی استاندارد
  - عمومی ترین یکسان ساز
- زنجیربندی به جلو
- زنجیربندی به عقب

تحلیل Resolution

- در حالت منطق مرتبه اول

$$\frac{\ell_1 \vee \cdots \vee \ell_k, \qquad m_1 \vee \cdots \vee m_n}{\textsc{Subst}(\theta, \ell_1 \vee \cdots \vee \ell_{i-1} \vee \ell_{i+1} \vee \cdots \vee \ell_k \vee m_1 \vee \cdots \vee m_{j-1} \vee m_{j+1} \vee \cdots \vee m_n)}$$

- که $\textsc{Unify}(\ell_i, \neg m_j) = \theta$
- فرض می شود که دو کلاوز جداسازی استاندارد شده اند
- مثال:

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

- قانون تحلیل را به $CNF(KB \wedge \neg \alpha)$ اعمال می کنیم.
- برای م.م.ا. کامل است.

تبدیل به شکل عطفی عادی

- هرکسی که همه حیوانات را دوست دارد، کسی او را دوست دارد:

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

- ۱- حذف دو شرطی و شرطی:
-

$$\forall x\ [\neg \forall y\ \neg Animal(y) \lor Loves(x,y)] \lor [\exists y\ Loves(y,x)]$$

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

$$\forall x\ [\exists y\ \neg(\neg Animal(y) \lor Loves(x,y))] \lor [\exists y\ Loves(y,x)]$$
$$\forall x\ [\exists y\ \neg\neg Animal(y) \land \neg Loves(x,y)] \lor [\exists y\ Loves(y,x)]$$
$$\forall x\ [\exists y\ Animal(y) \land \neg Loves(x,y)] \lor [\exists y\ Loves(y,x)]$$

تبدیل به شکل عطفی عادی

- ۳- جداسازی استاندارد متغیرها:

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

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

مثالی از تابع اسکلم

- هر کسی یک قلب دارد

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

- اگر دقت نکنیم:

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

- با استفاده از تابع اسکلم

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

تبدیل به شکل عطفی عادی

- ۳- جداسازی استاندارد متغیرها

$$\forall x\ [\exists y\ Animal(y) \land \neg Loves(x,y)] \lor [\exists z\ Loves(z,x)]$$

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

$$\forall x\ \ [Animal(A) \land \neg Loves(x, A)] \lor Loves(B, x)$$

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

$$\forall x\ [Animal(F(x)) \land \neg Loves(x,F(x))] \lor Loves(G(x),x)$$

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

$\neg Iranian(x) \vee \neg Weapon(y) \vee \neg Hostile(z) \vee \neg Sells(x,z,y) \vee \text{Criminal}(x)$

$\neg \text{Criminal}(Mozdour)$

$\neg Iranian(Mozdour) \vee \neg Weapon(y) \vee \neg Hostile(z) \vee \neg Sells(Mozdour,z,y)$

$Iranian(Mozdour)$

$\neg Weapon(y) \vee \neg Hostile(z) \vee \neg Sells(Mozdour,z,y)$

$\neg Missile(x) \vee Weapon(x)$

$\neg Missile(y) \vee \neg Hostile(z) \vee \neg Sells(Mozdour,z,y)$

$Missile(M1)$

$\neg Hostile(z) \vee \neg Sells(Mozdour,z,M1)$

$\neg Missile(x) \vee \neg Owns(Farzi,x) \vee Sells(Mozdour,Farzi,x)$

$\neg Missile(M1) \vee \neg Owns(Farzi,M1) \vee \neg Hostile(Farzi)$

$Missile(M1)$

بازدید مثال قبل

$Missile(M1)$

$\neg Missile(M1) \vee \neg Owns(Farzi, M1) \vee \neg Hostile(Farzi)$

$Owns(Farzi, M1)$

$\neg Owns(Farzi, M1) \vee \neg Hostile(Farzi)$

$\neg Enemy(x, Iran) \vee Hostile(x)$

$\neg Hostile(Farzi)$

$Enemy(Farzi, Iran)$

$\neg Enemy(x, Iran)$

$\square$

مثال

- هرکسی همهٔ حیوانات را دوست داشته باشد کسی او را دوست دارد.
- هر کسی که حیوانی را بکشد هیچکس او را دوست ندارد.
- امین همهٔ حیوانات را دوست دارد.
- امین یا امیر گربه ای به نام گک۱ را کشتند.
- آیا امیر گربه را کشت؟

- .

A. $\forall x\ [\forall y\ \ Animal(y) \Rightarrow Loves(x, y)] \Rightarrow [\exists y\ \ Loves(y, x)]$

B. $\forall x\ [\exists y\ \ Animal(y) \wedge Kills(x, y)] \Rightarrow [\forall z\ \ \neg Loves(z, x)]$

C. $\forall x\ \ Animal(x) \Rightarrow Loves(\text{Amin}, x)$

D. $Kills(\text{Amin}, \text{G1}) \vee Kills(\text{Amir,G1})$

E. $Cat(\text{G1})$

F. $\forall x\ \ Cat(x) \Rightarrow Animal(x)$

¬G. $\neg Kills(\text{Amir,G1})$

- A1. $Animal(F(x)) \lor Loves(G(x), x)$

  A2. $\neg Loves(x, F(x)) \lor Loves(G(x), x)$

  B. $\neg Animal(y) \lor \neg Kills(x, y) \lor \neg Loves(z, x)$

  C. $\neg Animal(x) \lor Loves(\text{Amin}, x)$

  D. $Kills(\text{Amin}, \text{G1}) \lor Kills(\text{Amir}, \text{G1})$

  E. $Cat(\text{G1})$

  F. $\neg Cat(x) \lor Animal(x)$

  ¬G. $\neg Kills(\text{Amir}, \text{G1})$

- .

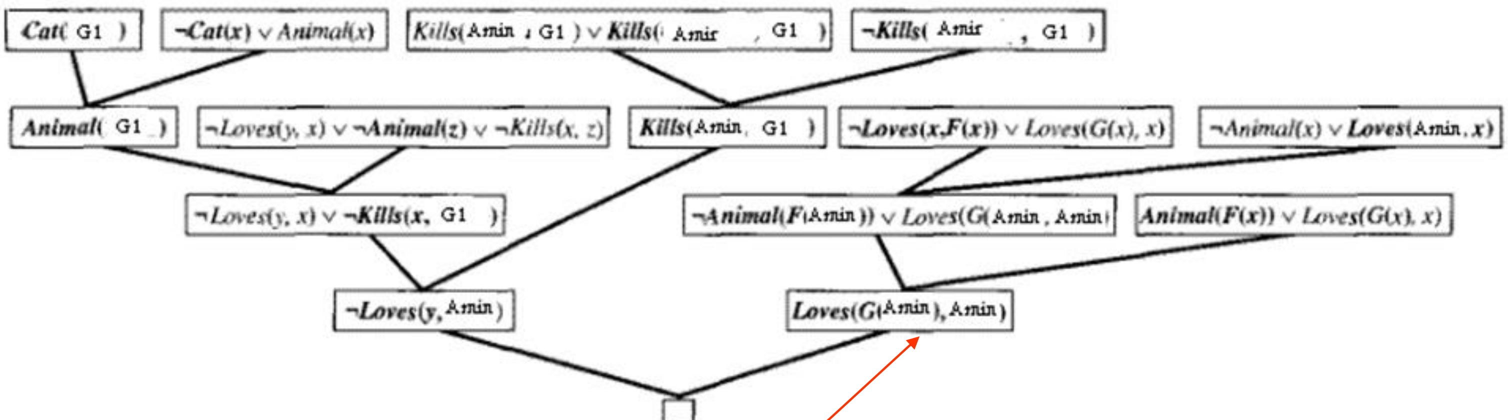
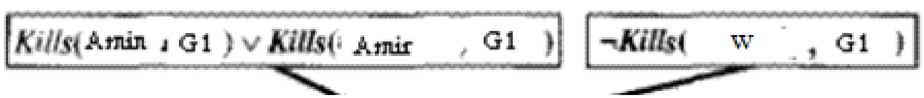


Figure 9.12 A resolution proof that Amir killed the cat. Notice the use of factoring in the derivation of the clause $Loves(G(\text{Amin}), \text{Amin})$.

- اغلب علاقمند هستیم که بدانیم چه کسی گك۱ را کشت؟
- سؤال بصورت $\exists w \; Kills(w, G1)$
- شکل CNF: $\neg Kills(w, G1)$
- با اثباتی مشابه با جایگزینی $\{w/Amir\}$



- مشکل: تحلیل با $Kills(Amin،G1)\vee Kills(Amir،G1)$
- با $\{w/Amin\}$ به $Kills(Amir،G1)$ می رسیم
- دوباره تحلیل با $\neg Kills(w،G1)$ 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: $\neg Kills(w,G1) \vee Answer(w)$
- با جایگزینی صحیح به $Answer(Amir)$ می رسیم.
- با جایگزینی نادرست به $Answer(Amin) \vee Anwer(Amir)$

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:

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

- و برای هر مسند و تابع:

$$\forall x, y \;\; x = y \;\Rightarrow\; (P_1(x) \;\Leftrightarrow\; P_1(y))$$
$$\forall x, y \;\; x = y \;\Rightarrow\; (P_2(x) \;\Leftrightarrow\; P_2(y))$$
$$\vdots$$
$$\forall w, x, y, z \;\; w = y \wedge x = z \;\Rightarrow\; (F_1(w, x) = F_1(y, z))$$
$$\forall w, x, y, z \;\; w = y \wedge x = z \;\Rightarrow\; (F_2(w, x) = F_2(y, z))$$
$$\vdots$$

برخورد با برابری

- تولید نتایج زیاد نامربوط
- روش دیگر قانون استنتاج demodulation:
- برای هر ترم x، y، و z که z در جائی از لیترال m_i ظاهر شده است و Unify(x،z)=θ

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

- که(SUB(x،y،m یعنی جایگزینی x با y هر جا که x در m ظاهر شده است.

برخورد با برابری

- مثال: با داشتن:

$$\overbrace{Father(Father(x))}^{x} = PaternalGrandfather(x)$$

$$Birthdate(\underbrace{Father(Father(\text{Amin}))}_{z}, 1320)$$

- می توانیم نتیجه بگیریم:

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

برخورد با برابری

- بسط قانون قبلی به کلاوزهای غیر تک، بنام قانون paramodulation:
- برای هر ترم x، y، و z که z در جائی از لیترال m_i ظاهر شده است و Unify(x,z)=θ:

$$\frac{\ell_1 \vee \cdots \vee \ell_k \vee x = y, \qquad m_1 \vee \cdots \vee m_n}{\textsc{Sub}(\textsc{Subst}(\theta, x), \textsc{Subst}(\theta, y), \textsc{Subst}(\theta, \ell_1 \vee \cdots \vee \ell_k \vee m_1 \vee \cdots \vee m_n)} .$$

برخورد با برابری

- مثال:

$$\underbrace{P(F(x,B)}_{z}, x) \vee Q(x) \qquad \text{and} \qquad \underbrace{F(A,y)}_{x} = y \vee R(y)$$

$$\theta = \textsc{Unify}(F(A,y), F(x,B)) = \{x/A, y/B\}$$

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

خلاصه

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

دانشگاه صنعتی اصفهان – مجموعه مفاخر اصفهان

- دقت نمائید که پاورپوینت ابزاری جهت کمک به یک ارائهٔ شفاهی می باشد و **به هیچ وجه یک جزوهٔ درسی نیست** و شما را از خواندن مراجع درس بی نیاز نمی کند.
- لذا حتماً مراجع اصلی درس را مطالعه نمائید.
- در تهیهٔ اسلایدها از سایت کتاب استفاده شده است.