

بسمه تعالی

هوش مصنوعی استنتاج در منطق مرتبهٔ اول - ۲ نیمسال اول ۱۴۰۳-۱۴۰۴

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

قانون انتزاع تعمیم یافته

- برای جملات اتمی P_i ، P'_i و q که یک جایگزینی θ وجود دارد بطوریکه $SUBST(\theta, P'_i) = SUBST(\theta, P_i)$ برای همه i ها:

$$\frac{p'_1, p'_2, \dots, p'_n, (p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_n \Rightarrow q)}{SUBST(\theta, q)}$$

- ارتقاء قانون انتزاع

یکسان سازی

- روال یکسان سازی (unification) دو جمله اتمی p و q را گرفته و یک جایگزینی بازمی گرداند که باعث شود p و q مشابه به نظر برسند.

$$\text{UNIFY}(p, q) = \theta \text{ where } \text{SUBST}(\theta, p) = \text{SUBST}(\theta, q)$$

- θ یکسان ساز نامیده می شود.

یکسان سازی

■ فرض کنید:

$$\forall x \text{ Knows}(\text{Amir}, x) \Rightarrow \text{Hates}(\text{Amir}, x)$$

■ فرض کنید می خواهیم بدانیم امیر از چه کسانی متنفر است؟

p	q	θ
Knows(Amir,x)	Knows(Amir,Hamid)	{x/Hamid}
Knows(Amir,x)	Knows(y,Parviz)	{x/Parviz,y/Amir}
Knows(Amir,x)	Knows(y,Mother(y))	{y/Amir,x/Mother(Amir)}
Knows(Amir,x)	Knows(x,Saber)	fail

یکسان سازی

■ $\text{Knows}(x, \text{Saber})$ و $\text{Knows}(y, \text{Saber})$ یک معنا دارند.

■ جداسازی استاندارد: دو جمله ای که در حال یکسان سازی هستند از متغیرهایی با نامهای متفاوت استفاده کنند.

■ $\text{Unify}(\text{Knows}(\text{Amir}, x1), \text{Knows}(x2, \text{Saber})) = \{x1/\text{Saber}, x2/\text{Amir}\}$

یکسان سازی

p	q	θ
Knows(Amir,x)	Knows(y,z)	$\{y/\text{Amir}, x/z\}$ $\{y/\text{Amir}, x/\text{Amir}, z/\text{Amir}\}$ $\{y/\text{Amir}, x/z, w/\text{Bahram}\}$

■ جایگزینی اول عمومی تر از دیگران است.

■ سعی می کنیم عمومی ترین یکسان ساز را بیابیم

■ most general unifier (mgu)

مثال

- بر اساس قانون فروش سلاح به کشورهای متخاصم توسط یک ایرانی جرم است. کشور فرضی، دشمن ایران تعدادی موشک در اختیار دارد و همه آنها توسط مزدور که یک ایرانی است به آنها فروخته شده است.
- مزدور مجرم است؟

1. ... فروش سلاح به کشورهای متخاصم توسط یک ایرانی جرم

است.
 $Iranian(x) \wedge Weapon(y) \wedge$

$Hostile(z) \wedge Sells(x, z, y) \Rightarrow Criminal(x)$

1. فرضی ... تعدادی موشک در اختیار دارد.

$\exists x Owns(Farzi, x) \wedge Missile(x)$

با استفاده از حذف وجودی و استفاده از ثابت اسکلم و حذف و

$Owns(Farzi, M1)$

$Missile(M1)$

3. همه آنها توسط مزدور به آنها فروخته شده است.

$$Missile(x) \wedge Owns(Farzi, x) \Rightarrow Sells(Mozdour, Farzi, x)$$

4. لازم است بدانیم: تمامی موشکها سلاح هستند.

$$Missile(x) \Rightarrow Weapon(x)$$

5. نیز لازم است بدانیم: دشمن ایران به عنوان یک متخاصم به حساب می آید:

$$Enemy(x, Iran) \Rightarrow Hostile(x)$$

6. مزدور یک ایرانی است.

Iranian(Mozdour)

7. کشور فرضی دشمن ایران ...

Enemy(Farzi, Iran)

پایگاه دانش نماد تابعی ندارد

به چنین پایگاهی Datalog گفته می شود. (کلاوزهای معین و بدون نماد تابعی)

الگوریتم زنجیربندی به جلو

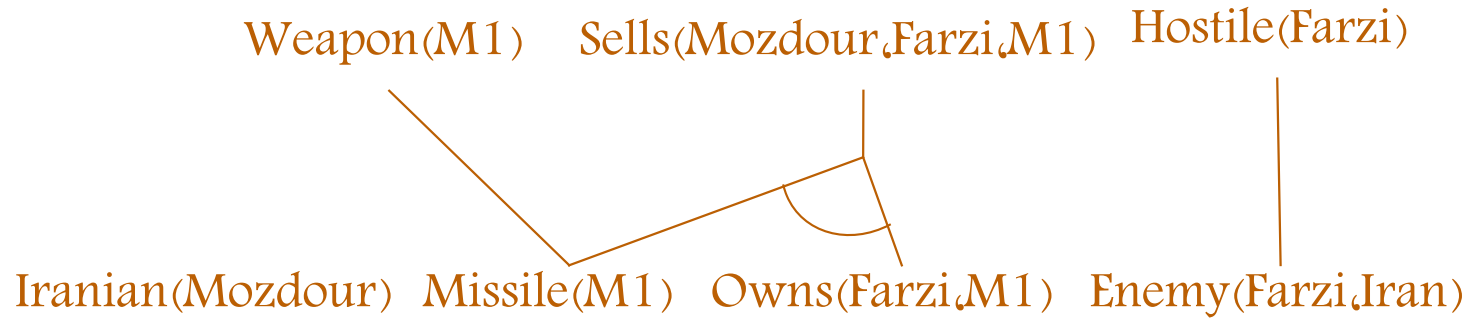
function FOL-FC-ASK(KB, α) **returns** a substitution or *false*
inputs: KB , the knowledge base, a set of first-order definite clauses
 α , the query, an atomic sentence

```
new  $\leftarrow \{ \}$  // The set of new sentences inferred on each iteration
for each rule in  $KB$  do
     $(p_1 \wedge \dots \wedge p_n \Rightarrow q) \leftarrow \text{STANDARDIZE-VARIABLES}(\text{rule})$ 
    for each  $\theta$  such that  $\text{SUBST}(\theta, p_1 \wedge \dots \wedge p_n) = \text{SUBST}(\theta, p'_1 \wedge \dots \wedge p'_n)$ 
        for some  $p'_1, \dots, p'_n$  in  $KB$ 
             $q' \leftarrow \text{SUBST}(\theta, q)$ 
            if  $q'$  does not unify with some sentence already in  $KB$  or  $new$  then
                add  $q'$  to  $new$ 
                 $\phi \leftarrow \text{UNIFY}(q', \alpha)$ 
                if  $\phi$  is not failure then return  $\phi$ 
add  $new$  to  $KB$ 
```

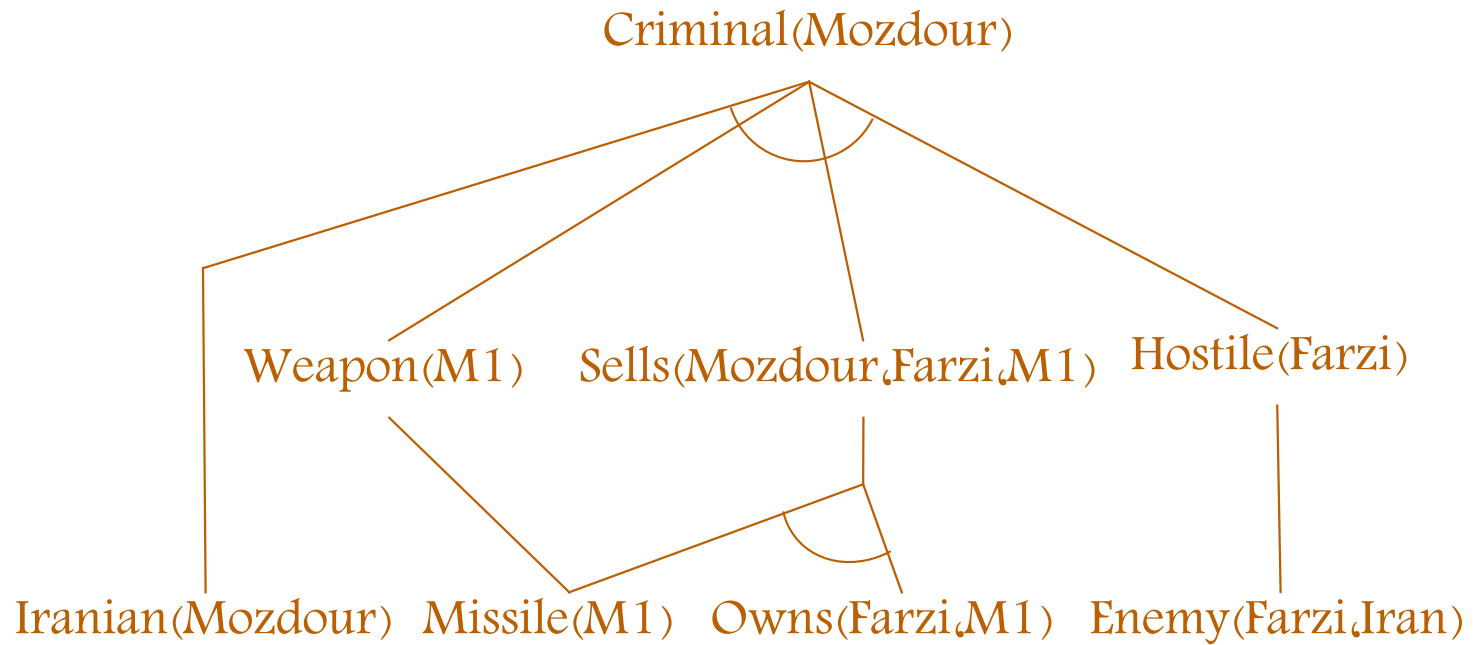
زنجیربندی به جلو

Iranian(Mozdour) Missile(M1) Owns(Farzi,M1) Enemy(Farzi,Iran)

زنجیربندی به جلو



زنجیربندی به جلو



زنجیربندی به جلو

- موثق و کامل برای کلاوزهای معین مرتبهٔ اوّل
- در حالت کلی اگر α ایجاب نشود ممکن است خاتمه نیابد.

الگوریتم زنجیربندی به عقب

function FOL-BC-ASK($KB, query$) **returns** a generator of substitutions
return FOL-BC-OR($KB, query, \{ \}$)

 FOL-BC-OR($KB, goal, \theta$) a substitution
for each in FETCH-RULES-FOR-GOAL($KB, goal$) **do**
 ($lhs \Rightarrow rhs$) \leftarrow STANDARDIZE-VARIABLES()
 for each θ' **in** FOL-BC-AND($KB, lhs, \text{UNIFY}(rhs, goal, \theta)$) **do**
 yield θ'

 FOL-BC-AND($KB, goals, \theta$) a substitution
if $\theta = failure$ **then return**
else if LENGTH($goals$) = 0 **then yield** θ
else
 $first, rest \leftarrow$ FIRST($goals$), REST($goals$)
 for each θ' **in** FOL-BC-OR($KB, \text{SUBST}(\theta, first), \theta$) **do**
 for each θ'' **in** FOL-BC-AND($KB, rest, \theta'$) **do**
 yield θ''

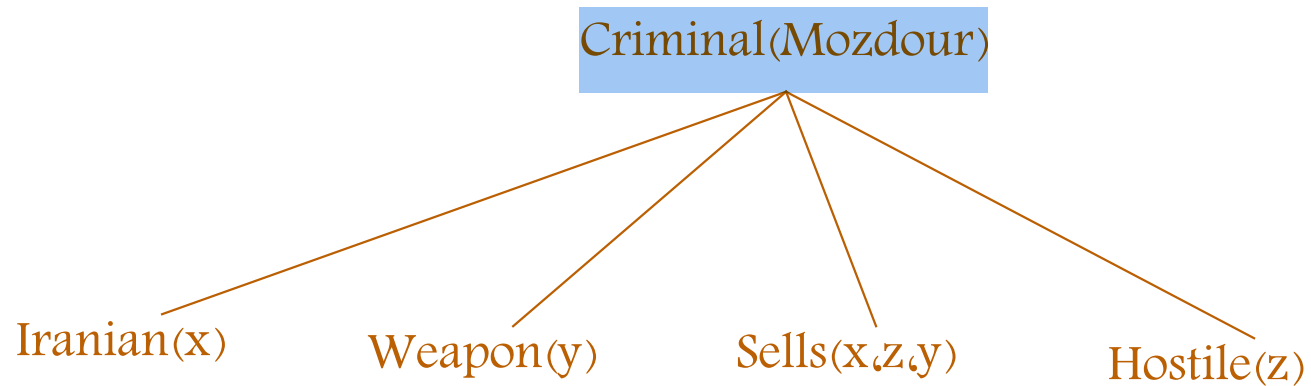
با فرض اینکه جملات اتمی قانونی است که lhs آن تهی است.

زنجیربندی به عقب

Criminal(Mozdour)

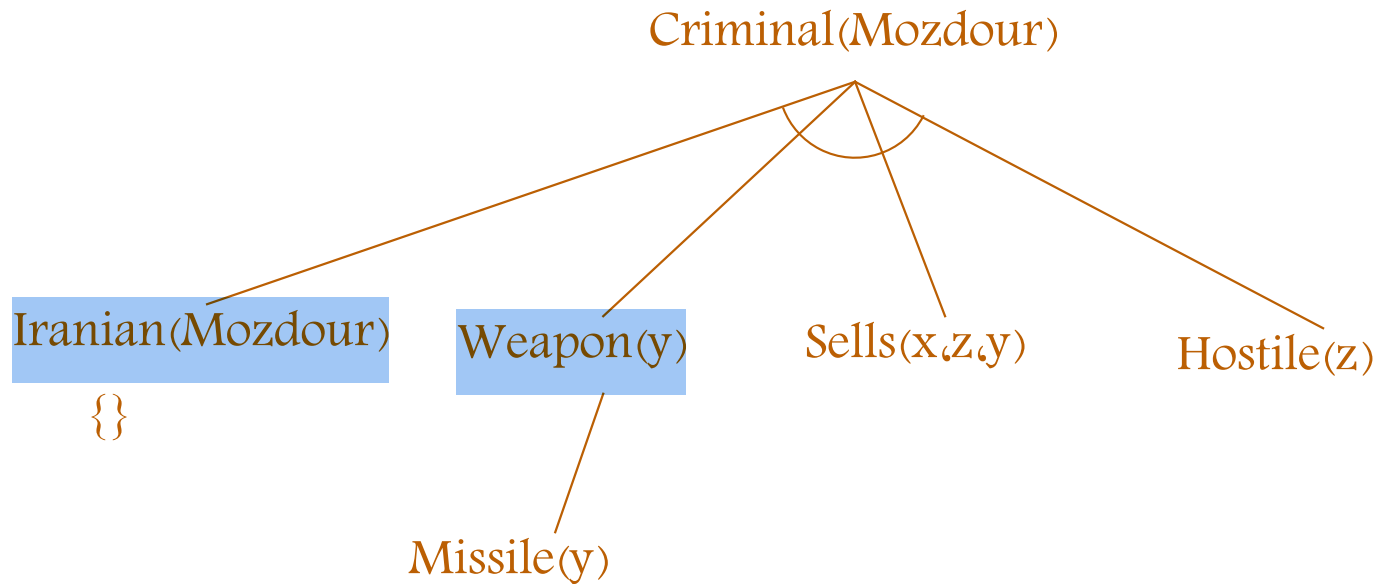
زنجیربندی به عقب

$\{x \mid \text{Mozdour}\}$



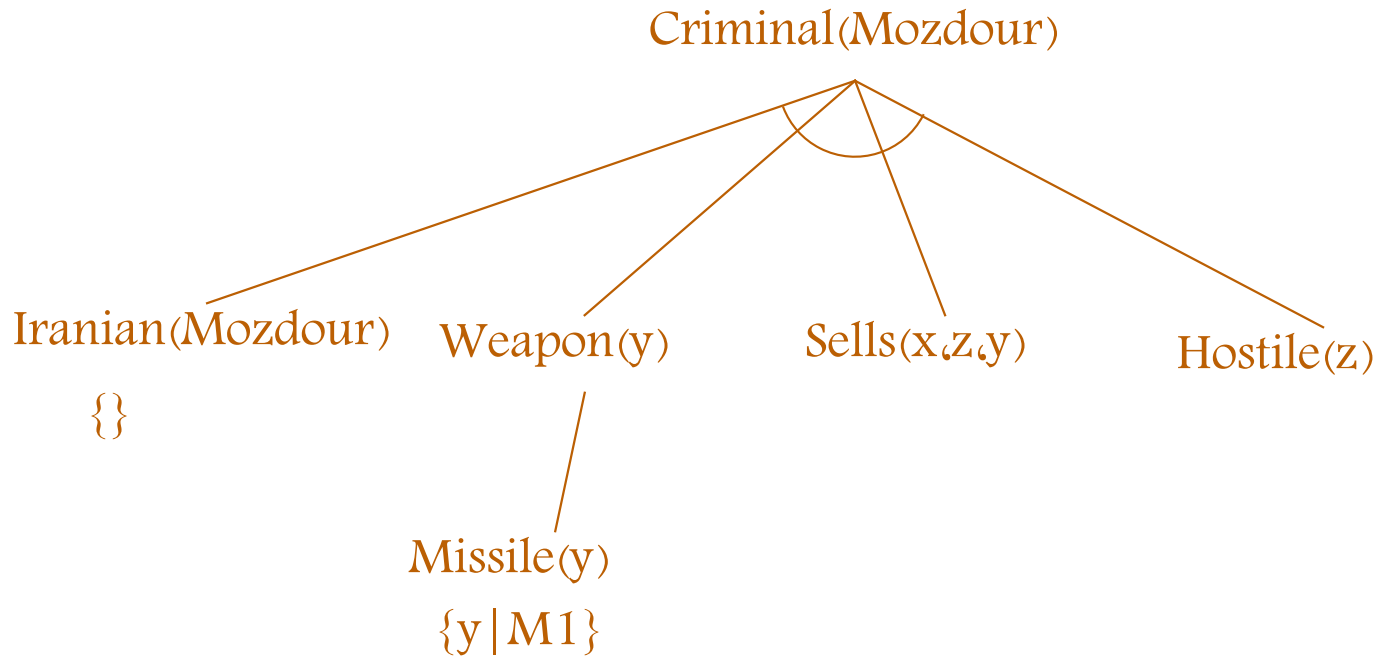
زنجیربندی به عقب

$\{x \mid \text{Mozdour}\}$



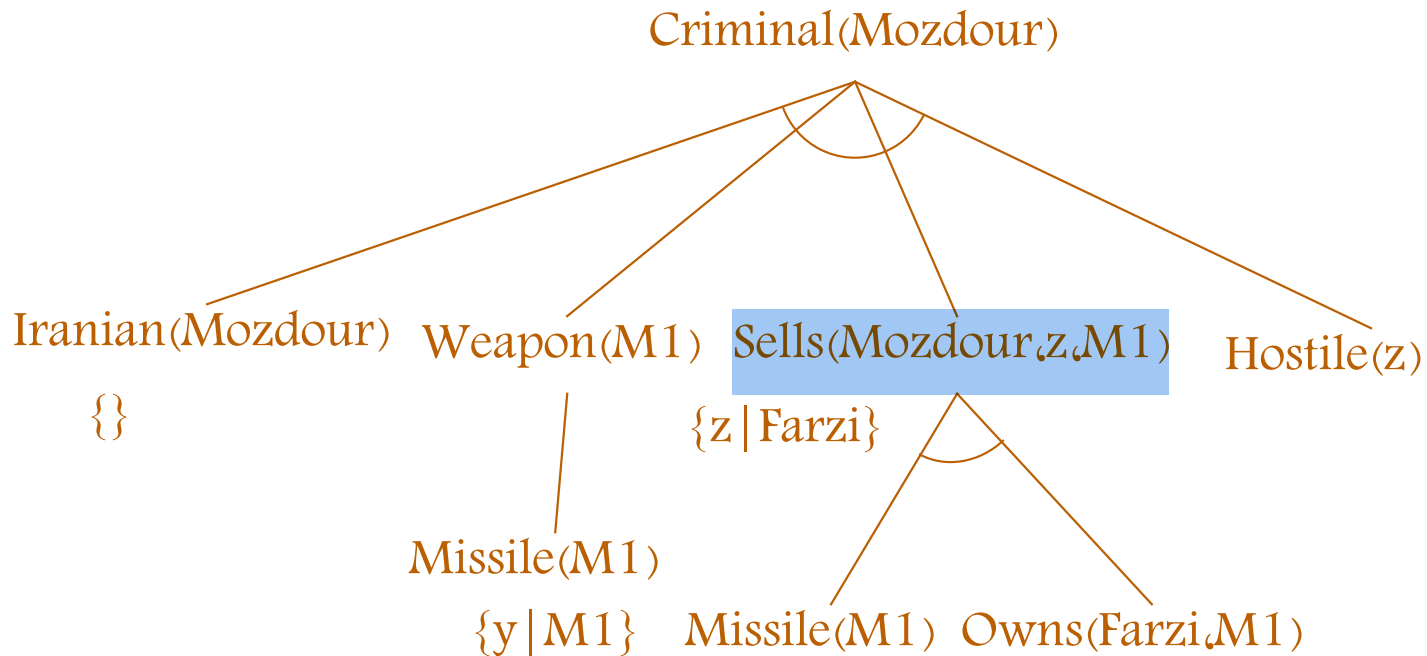
زنجیربندی به عقب

$\{x \mid \text{Mozdour}, y \mid M1\}$



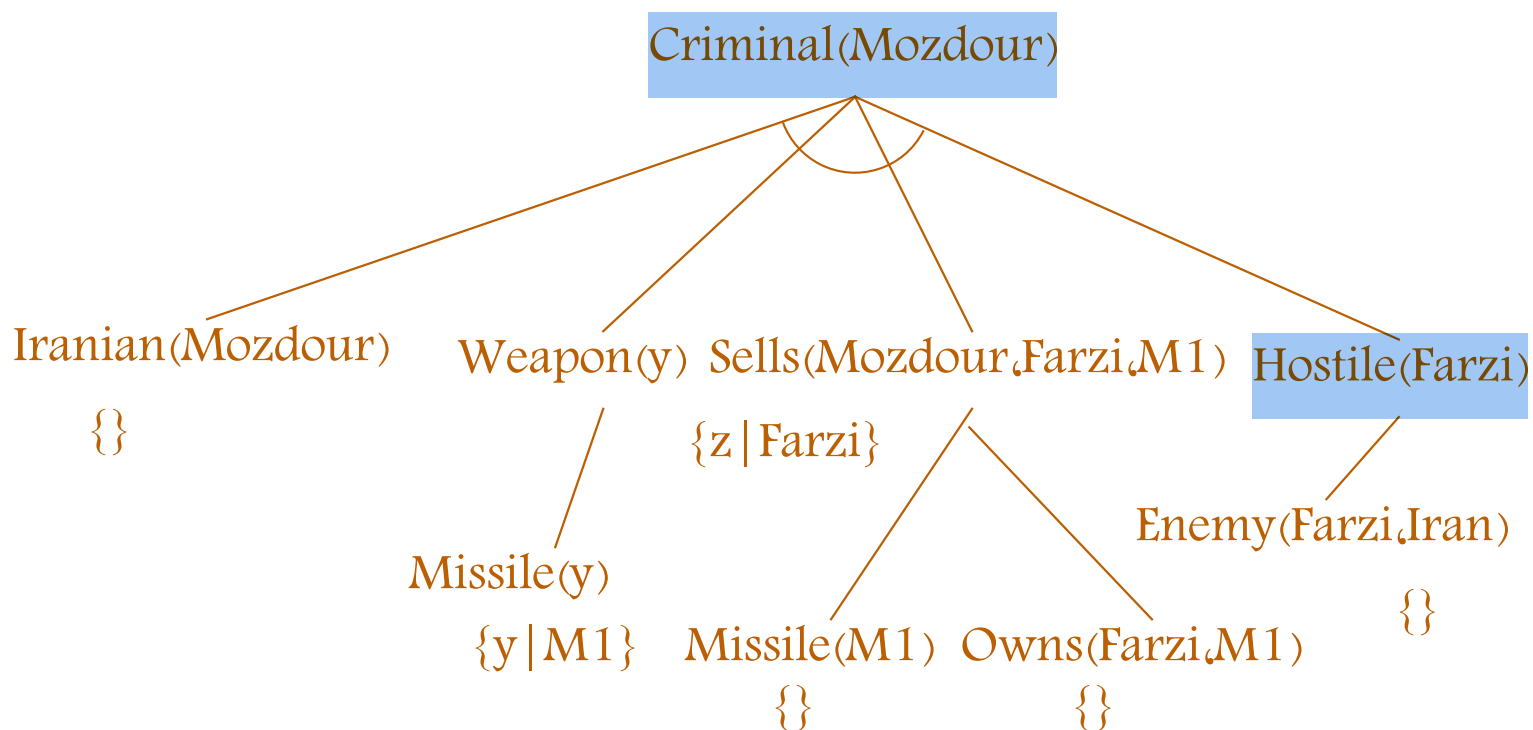
زنجیربندی به عقب

$\{x \mid \text{Mozdour}, y \mid M1, z \mid \text{Farzi}\}$



زنجیربندی به عقب

$\{x \mid \text{Mozdour}, y \mid M1, z \mid \text{Farzi}\}$



مازیار پالهنک

هوش مصنوعی

23

زنجیربندی به عقب

- عمل بصورت عمق نخست
- ناکامل بخاطر امکان حلقه های بی پایان
- استفاده شده در برنامه نویسی منطقی

خلاصه

- یکسان سازی
- زنجیربندی به جلو و عقب



م پالهنك

دانشگاه صنعتی اصفهان – مجموعه مفاخر اصفهان

مازیار پالهنك

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 اسلایدها از سایت کتاب استفاده شده است.