

بسمه تعالی

هوش مصنوعی استنتاج در منطق مرتبهٔ اول - ۱ نیمسال اول ۱۴۰۲-۱۴۰۱

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

استنتاج

همه ی انسان ها
فناپذیر هستند

■ فرض کنید:

$$\forall x \text{ Human}(x) \Rightarrow \text{Mortal}(x)$$

$\text{Human}(\text{Socrat})$

توی پایگاه دانش
داریم که سقراط
انسان است
ایا میشه نتیجه گرفت
سقراط فناپذیر است؟

■ تبدیل به حالت گزاره ای

میتونیم پایگاه دانش
را به حالت گزاره ای
در بیاریم و از همان
قوانینی که توی
منطق گزاره ای برای
استنتاج داشتیم
استفاده کنیم

برای تبدیل پایگاه دانش به گزاره
ها باید این کارها را انجام بدیم

جی ترم زمینه ای
است چون متغیری
توش نداره

حاصلش یه جمله
است

قوانین استنتاج شامل سورها

■ $SUBST(\theta, \alpha)$ جمله ای که از جایگزینی θ در جمله α بدست می آید.

■ مثال:

■ $SUBST(\{x/Ali, y/Amin\}, Likes(x, y)) = Likes(Ali, Amin)$

■ حذف عمومی: برای هر جمله α ، متغیر v و ترم زمینه g :

$$\frac{\forall v \alpha}{SUBST(\{v/g\}, \alpha)}$$

جمله ای که ب
صورت سور عمومی
بیان شده

■ ترم زمینه: یک ترم بدون متغیر

اگه این قانون را
داشتیم ک ب ازای هر
 v
آلفا درسته
میشه جمله ی زیرخط
را نتیجه گرفت

یه جمله ای خواهیم
داشت که از
جایگزینی جی به
جای وی در آلفا
ایجاد میشه

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۰۲-

مازیار پالهنک

هرکسی سیب را دوست دارد

به جای ایکس یه ترم زمینه ای قرار میدیم

■ بطور مثال: $\forall x \text{ Likes}(x, \text{Apple})$

■ $\text{Likes}(\text{Amin}, \text{Apple})$

■ $\text{Likes}(\text{Amir}, \text{Apple})$

■

نتیجه میگیریم ک امین سیب را دوست دارد

این یه قانونه

■ **حذف وجودی:** برای هر جمله α ، متغیر v و نماد ثابت K که در جای دیگری از پایگاه دانش ظاهر نشده:

یه متغیر وی وجود دارد که آلفا براش برقرار است

$$\frac{\exists v \alpha}{\text{SUBST}(\{v / K\}, \alpha)}$$

مازیار پالهنک

میشه جمله ی آلفا را نتیجه گرفت که به جای وی ثابت k رو قرار بدیم

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

نکته:
نباید
k
جای دیگری توی
پایگاه دانش استفاده
شده باشه

■ نام جدید K، ثابت اسکلم (Skolem constant)

■ حذف عمومی را بارها می توان اعمال نمود،

■ حذف وجودی فقط یک بار

مثلا مثال بالا به جای
ایکس امین و امیر
گذاشتیم
به ازای تمام اشیای
داخل دامنه باید
برقرار باشه

فقط ثابت کی را میشه
گذاشت

تبدیل پایگاه دانش به حالت گزاره ای

اینجا یه جمله در
منطق مرتبه اول
داریم که میخایم به
گزاره ها تبدیل کنیم

کاهش به استنتاج گزاره ای

$$\forall x \text{ Human}(x) \Rightarrow \text{Mortal}(x)$$

به جای متغیر ایکس
اشیایی که توی دامنه
هستند را میگذاریم

■ تبدیل می شود به:

$$\text{Human}(\text{Bograt}) \Rightarrow \text{Mortal}(\text{Bograt})$$

$$\text{Human}(\text{Arashmidos}) \Rightarrow \text{Mortal}(\text{Arashmidos})$$

$$\text{Human}(\text{Sograt}) \Rightarrow \text{Mortal}(\text{Sograt})$$

...

$$\text{Human}(\text{Sograt})$$

این خودش یه گزاره
است

مازیار پالهنک

از جمله ی شرطی بالا که درباره ی سقراط درست شد و از گزاره اینکه سقراط
انسان است
طبق قانون انتزاع میشه نتیجه گرفت که سقراط فناپذیره
چون مقدم درست شد و شرط هم درسته پس تالی به ناچار درسته

همه ی اینها ترم
زمینه ای هستند
چون هیچ تغییری
توشون استفاده نشده

خروجی پدر امیر یه
ترم زمینه ای است
چون خروجی تابع ها
ترم های زمینه ای
است تعداد خیلی
زیادی از این خروجی
تابع هارا میشه به
جای نماد ثابت
استفاده کرد

کاهش به استنتاج گزاره ای

■ مشکل: نمادهای تابعی، تعداد زیادی ترمهای زمینه وجود دارند:

■ مثال: Father(Father(Amir))

■ **قضیه هربرنند:** اگر یک جمله از یک پایگاه دانش منطق مرتبه اول ایجاب شد، توسط یک زیر مجموعه محدود پایگاه دانش گزاره ای شده ایجاب می شود

پایگاه اولیه توسط یه
زیرمجموعه ی
محدودی قابل ایجاب
شدن است

For $n = 0$ to ∞ do
create a propositional KB by instantiating
with depth- n terms
see if α is entailed by this KB

یه پایگاه دانش گزاره
ای شده ایجاد کن

باجایگذاری ترم ها تا
عمق ان

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

از اول لازم یست پایگاه دانش را به صورت گزاره ای دربیاریم
چون اگه بخایم همه ی این توابع را تا عمق ان بسازیم یه پایگاه
خیلی بزرگ میشه پس به تدریج میسازیم و چک میکنیم که
ایجاب میشه یا نه؟

اون جمله را میشه از گزاره ای شدن پایگاه
دانش بدست آورد
ما میخایم ببینیم آیا جمله ی α از پایگاه دانشی
که داریم ایجاب میشه؟
میگه شما اول این پایگاه گزاره ای شده را تا
عمق صفر چک کن اگه α ایجاب میشد که پیدا
شد اگه نه عمق را یکی یکی زیاد کن

پایگاه دانش ک گزاره ای بشه ما قوانین استنتاج را در منطق گزاره ای داشتیم ولی مشکلی ک داره اینه ک با حذف سور عمومی تعداد زیادی جمله ایجاد میشه چون باید همه ی اشیای دامنه را جایگزینش کنیم درحالی که خیلی هاش مرتبط نیست با اون استنتاجی که ما میخایم انجام بدیم مثلاً ما میخاستیم فناپذیری سقراط را فقط نتیجه بگیریم ولی برای ارشمیدس و بقیه اعضای دامنه هم ایجاد شد

مشکل: کار می کند اگر جمله ایجاب شود و گرنه در حلقه می افتد

قضیه تورینگ، چرچ: ایجاب کردن در م.م.ا. نیمه قابل تصمیم گیری است (الگوریتمهایی وجود دارد که به هر جمله ایجاب شده بله بگوید، ولی الگوریتمی وجود ندارد که به هر جمله ایجاب نشده نه بگوید.

یعنی با اطمینان نمیشه گفت که اگه یه جمله ای ایجاب نشده پس حتما ایجاب نمیشه
ما استنتاج در منطق مرتبه اول انجام دادیم تاحالا یعنی سورهامون را به گزاره تبدیل کردیم

مشکل: تعداد جملات نامربوط تولید شده می تواند خیلی زیاد باشد.

مثلاً اگر داشتیم:

$\forall x \text{Teacher}(x)$

اینجا ما باید همه هه ی اشیای دامنه را به جای ایکس بذاریم
تعداد زیادی گزاره درست میشه
راه حل: قانون انتزاع تعمیم یافته

مازیار پالهنک

ی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

8

هرکی گرسنه باشه و
سیب دراختیارش
باشه میخوره سیب را

قانون انتزاع تعمیم یافته

- فرض کنید پایگاه دانش بصورت زیر باشد:

$$\forall x \text{ Hungry}(x) \wedge \text{Owns}(x, \text{Apple}) \Rightarrow \text{Eats}(x, \text{Apple})$$

$$\text{Owns}(\text{Amir}, \text{Apple})$$

$$\text{Hungry}(\text{Amir})$$

- می خواهیم سریعاً نتیجه بگیریم:

$$\text{Eats}(\text{Amir}, \text{Apple})$$

- حتی اگر داشتیم $\forall y \text{ Owns}(y, \text{Apple})$

ما میخایم فقط برای امیر به این
نتیجه برسیم ک سیب را میخوره
نه برای همه ی اعضای دامنه
مثلا ناصر و اصغر و اکبر

از اعمال تتا روی
جملات اتمی
 P_i, P_i
جملاتی که ایجاد
میشه برابر هستند

کمک میکنه تا سریع
تر به نتیجه ای که
میخایم برسیم

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:

$$\frac{p_1, p_2, \dots, p_n, (p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_n \Rightarrow q)}{SUBST(\theta, q)}$$

اعمال جایگزینی تتا
روی جمله ی اتمی
 P_i

جملات اتمی که باهم
عطف شدن

کیو هم خودش یه
جمله ی اتمی است

■ ارتقاء قانون انتزاع

چندتا جمله ی اتمی
چون بینشون کاما
گذاشته ینی جدا جدا
توی پایگاه دانش
وجود دارن

اگه تتا را روی پی ۱ و پی ۱ پریم
اعمال کنیم این دوتا جمله بعد از
جایگزینی باهم برابر میشن
تتا وقتی روی پی ۲ و پی ۲ پریم
اعمال بشه بعدش این دوتا جمله
باهم برابر میشن و

.....
اگه این اتفاق افتاد میشه تالی
قانون را سریعا نتیجه گرفت فقط
باید همون جایگزینی ای که
روی جمله های پی اعمال کردیم
را برای کیو هم اعمال کنیم

به این میگن قانون انتزاع تعمیم
یافته چرا تعمیم یافته؟

چون قانون انتزاع عادی میگفت
 $p \Rightarrow q$

اگه این جمله شرطی درست
باشه و پی هم درست باشه کیو
را میشه نتیجه گرفت

10
با این جایگزینی ما
میتونیم مقدم را پیدا
کنیم بعد از جایگزینی
میتونیم تالی را نتیجه
بگیریم

جایگزینی تتا روی پی

موثق بودن ق.ا.ت.

از درستی پی
درستی پی تتا ایجاب
میشه

$$p \models p\theta$$

■ با حذف عمومی می دانیم:

$$p\theta = SUBST(\theta, p)$$

تتا روی تک تک
اینها اعمال میشه

■ پس

$$(p_1 \wedge \dots \wedge p_n \Rightarrow q) \models (p_1 \wedge \dots \wedge p_n \Rightarrow q)\theta = (p_1\theta \wedge \dots \wedge p_n\theta \Rightarrow q\theta)$$

اعمال شدن تتا روی
این جمله

مقدم این شرطه با جمله ی پایین ک ایجاب شده
برابر است پس تالی هم نتیجه گیری میشه

■ و

$$p_1', \dots, p_n' \models p_1' \wedge \dots \wedge p_n' \models p_1'\theta \wedge \dots \wedge p_n'\theta$$

درستی اینها را به
صورت تکی داریم
پس عطف کلشون هم
درسته

■ در صورتی که $p_i\theta = p_i'\theta$ طبق ق.ا.ت می توان نتیجه گرفت $q\theta$

مازیار پالو

اعمال جایگزینی تتا
روی این جمله

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

ما این شرط را
داشتیم که جایگزینی
برقرار است

11

قانون انتزاع تعمیم یافته کمک میکند جملات نامربوط ساخته نشود
همون جایگزینی که باعث شد مولفه های مقدم باهم یکسان بشن روی تالی
اعمال میشه

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.

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

جایگزینی تنها

■ θ یکسان ساز نامیده می شود.

وقتی تنها روی پی
اعمال بشه و تنها روی
کیو اعمال بشه دوتا
جمله ایجاد میکنه ک
باهم برابر هستند

میخایم یه یکسان ساز
پیداکنیم برای دوتا جمله ی
اتمی پی و کیو

یکسان سازی

امیر هرکی را که
میشناسه ازش متنفره

■ 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؟

این دوتا جمله باهم
یکسان نیستند
چطوری میشه
یکسانشون کرد؟
اگه به جای ایکس در
جمله ی اول بگذاریم
حمید

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

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

13

ظاهرش شکسته
چون به جای ایکس
هم صابر میاد هم
امیر

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

امیر همه را میشناسه
همه صابر را میشناسن
پس امیر صابر را میشناسه

اینجا هم یکس هم زد
 هردو متغیر هستند
 جایگزینی هنوز
 اعمال نشده

یکسان سازی

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

چون ممکن است در آینده
 نیاز به یکسان سازی
 دیگری داشته باشیم
 با اینکار ما آزادی این را
 داریم که یکسان سازی
 دیگری انجام بدیم

■ 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.

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

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

ایکس موشک است

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

$$Owns(Farzi, M1)$$

$$Missile(M1)$$

به جای ایکس
بالایی بید
M1
بگذاریم

به کمک این قانون
میتوانستیم تک تک
مولفه های کلاوز
هایی که باهم عطف
شدن را نتیجه بگیریم

به کمک ثابت اسکلم
به گزاره تبدیل
میکنیم

مازیار پالهنک

به کمک
حذف و
دوتا
جمله را
نتیجه
گرفتیم

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

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)

first order
logic منطق مرتبه اول

آیا جمله ی آلفا از پایگاه دانش ایجاد میشه؟
اگه ایجاب شد اون جایگزینی که باعث ایجاب شدن شده را برمیگردانه

لگوریتم 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

کلاوزهای معین در منطق مرتبه اول

while true do

$new \leftarrow \{ \}$ // 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 θ 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 ϕ is not failure then return ϕ

if $new = \{ \}$ then return false

add new to KB

اول باید استاندارد سازی متغیرها را انجام بده یعنی متغیرهای باید اسم های متفاوتی در هر قانون داشته باشند

آیا کیوپریم با جمله ی آلفا قابل یکسان سازی است؟
اگه قابل یکسان سازی بود یعنی آلفا از پایگاه دانش با جایگزینی فی ایجاب میشده پس جایگزینی فی را برگردان

اگه نیو تهی است یعنی همه ی قانون ها را گشتیم و هیچ جمله ای پیدا نکردیم که با آلفا یکسان بشه پس فالس برگردان

مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

کیوپریم تالی است که بدست آمده آیا قبلا هم داشتیم؟
اگه جدید به نیو اضافه می کنیم

تالی این قانون که کیو است را نتیجه میگیریم که جداساز تتا روش اعمال شده

اگه جملات جدیدی بدست اومدن اونهارا به پایگاه اضافه کن و زنجیربندی به جلو را انجام بده تا چک کنیم آیا میشه از مقدم ها به تالی برسیم که موردنظر سوال است؟

زنجیربندی به جلو

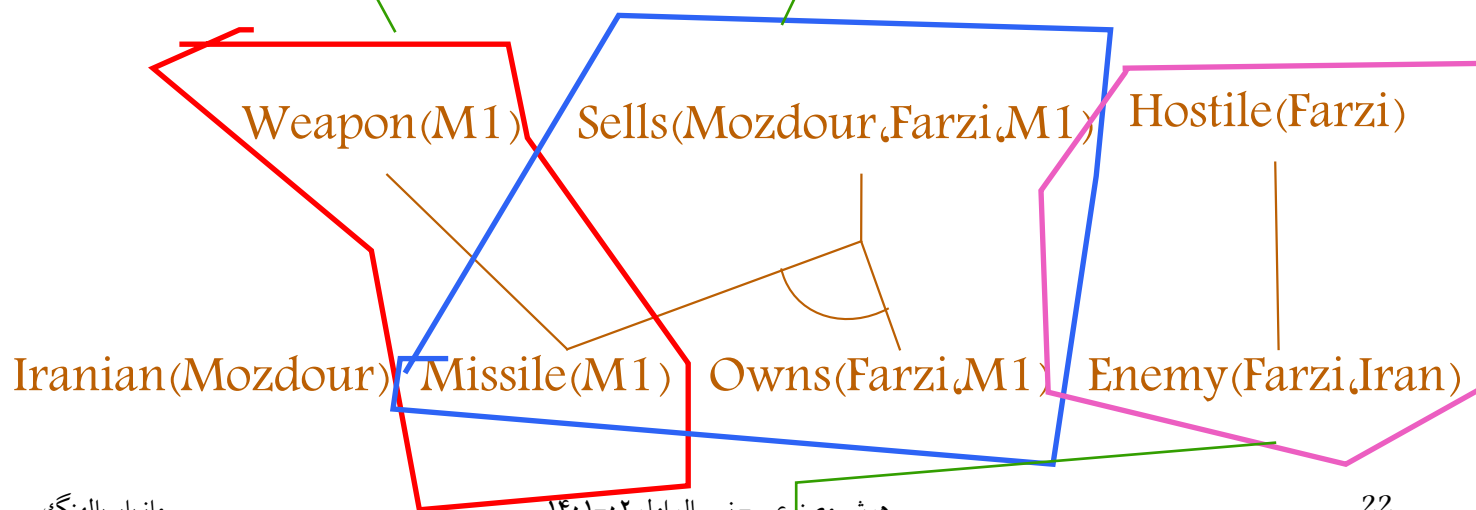
چندتا جمله ی اتمی در پایگاه دانش به شکل زیر داریم
از این جمله ها، کدوم هاشون با مقدم قانون ها میتوانند یکسان شوند؟

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

زنجیربندی به جلو

یه قانون دیگه داشتیم که میگفت اگه
ایکس موشک باشه و فرضی اون را
دراختیار داشته باشه میفهمیم که
مزدور اون را به فرضی فروخته این
دوتا با مقدم اون قانونی که داشتیم
یکسان میشه
پس به جای ایکس میذاریم
M1
و تالی اون قانون را نتیجه میگیریم
که به جای متغیرش
m1
گذاشتیم

قانون داشتیم که
هرچی که موشک
باشه سلاح هم هست
سره
Missile(M1)
با مقدم اون یکسان
میشه که میشه تالی
ش را نتیجه گرفت و
به جای ایکس در
تالی همان
M1
را گذاشت



مازیار پالهنک

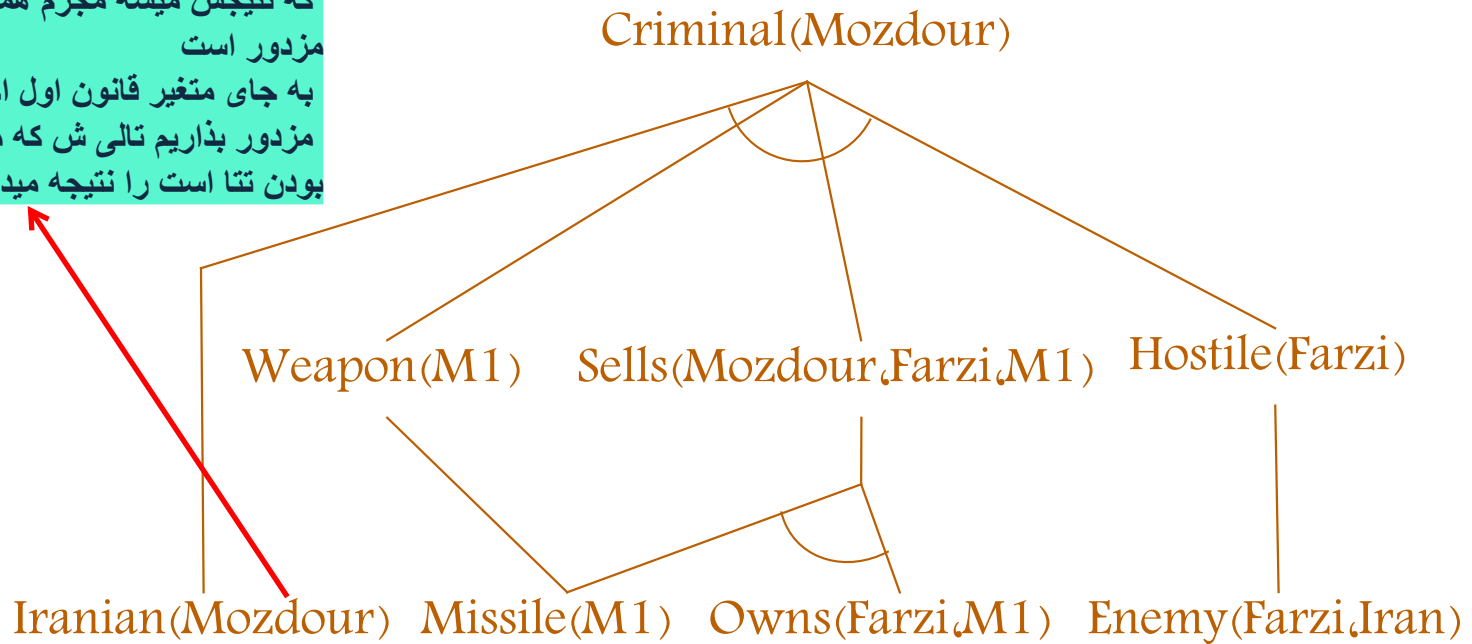
هوش مصنوعی - زمستان ۱۴۰۱-۰۲

یه قانون داشتیم که میگفت دشمن متخاصم است
اینکه فرضی دشمن ایران است با مقدم اون قانون یکسان سازی میشه و
نتیجه گرفته میشه که تالی به ازای ایکس مساوی فرضی برقرار است

22

زنجیربندی به جلو

یکسان سازی شدن همه ی اینها
با قانون اول
که نتایجش میشه مجرم همان
مزدور است
به جای متغیر قانون اول اگه
مزدور بذاریم تالی ش که مجرم
بودن تنها است را نتیجه میده



زنجیربندی به جلو

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

الگوریتم زنجیربندی به عقب

جایگزینی پیدا شده در شروع کار

آیا کونری ما از پایگاه دانش استنتاج میشه؟

جایگزینی ای که تا حالا پیدا کردیم را بش میدیم این میشه جایگزینی ای که تا حالا پیدا کردیم تا تالی و هدف یکی بشن

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

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

function FOL-BC-AND(*KB, goals, θ*) **returns** 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, SUBST($\theta, first$), θ'*) **do**
for each θ'' **in** FOL-BC-AND(*KB, rest, θ'*) **do**
yield θ''

آیا فیرست توی تالی قانونی پیدا میشه یا ن؟

زمانی که بخاهیم تالی های قانون ها را چک کنیم

or

را صدا میزنیم

وقتی میخاهیم بدنه ی قانون هارا چک کنیم چون شامل چندتا مولفه است که باهم اند شدن باید

and

را صدا کنیم

توی قانون ها میگردیم که کدومشون هست که تالی ش با کونری ما میتونه یکسان بشه؟ اون قانون هایی که یکسان میشه را میاریم بیرون و یه حلقه روی تک تک اون قانون ها میزنیم هر قانونی که پیدا کردیم متغیر هاشو استاندارد میکنیم تا اسم هاشون با متغیرهای دیگه یکی نباشه در نهایت قانون زیر درست میشه
 $lhs \Rightarrow rhs$

تک تک مولفه های مقدم این را میبینم که ایجاب میشن یا نه؟

زنجیربندی به عقب

Criminal(Mozdour)

سوال
آیا مزدور مجرم هست؟

زنجیربندی به عقب

{x | Mozdour}

Criminal(Mozdour)

Iranian(x)

Weapon(y)

Sells(x,z,y)

Hostile(z)

قانون ما که تالیش
مجرم بودن مزدور
است مقدمش ۴ تا
مولفه دارد
این ۴ تا مولفه باید
براشون زنجیربندی
به عقب اعمال بشه
برای هرکدومشون

مازیار پالهنک

هرجا که ایکس داریم
به جاش مزدور را
میذاریم

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

27

زنجیربندی به عقب

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

Criminal(Mozdour)

and
همشون باید چک
بشن

Iranian(Mozdour)

{}

Weapon(y)

Sells(x,z,y)

Hostile(z)

به جای ایس که مزدور بذاریم وقتی
زنجیربندی به عقب را بریم میفهمیم که
Iranian(mozdour)
توی پایگاه دانش هست

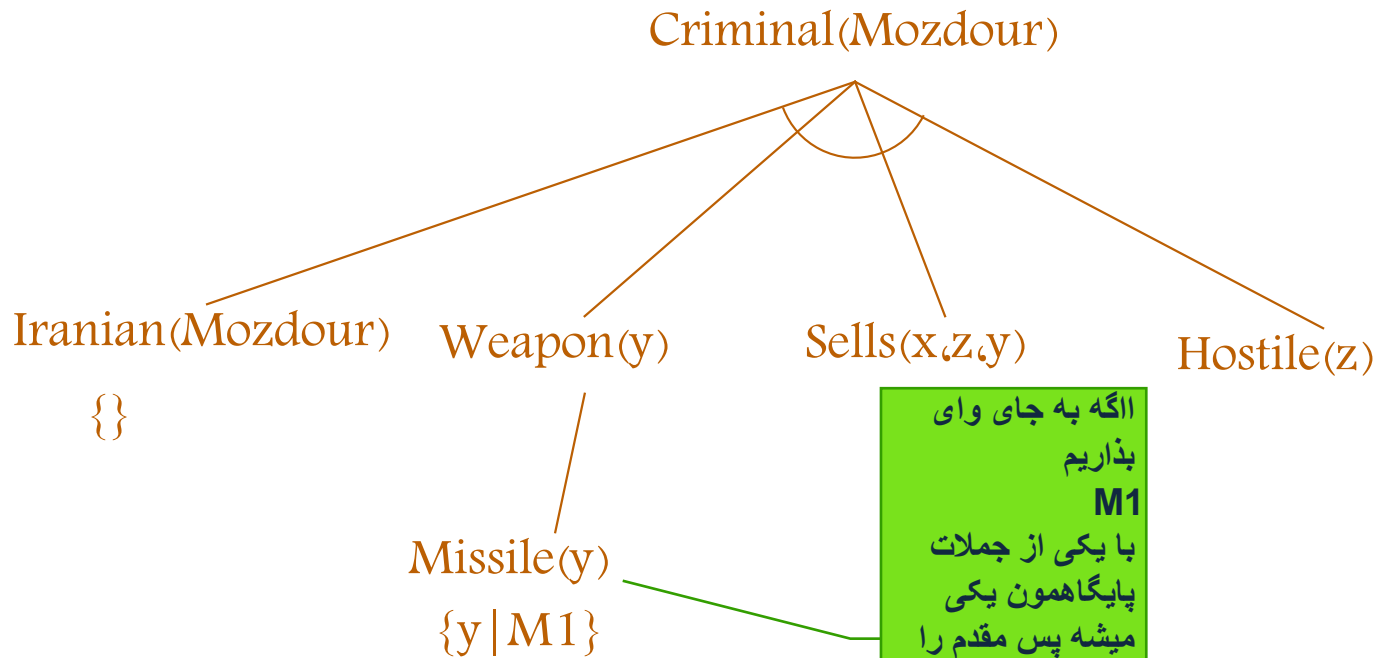
Missile(y)

مقدمش را باید چک
کنیم که مقدمش
Missile(y)
است

هوش مص

زنجیربندی به عقب

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

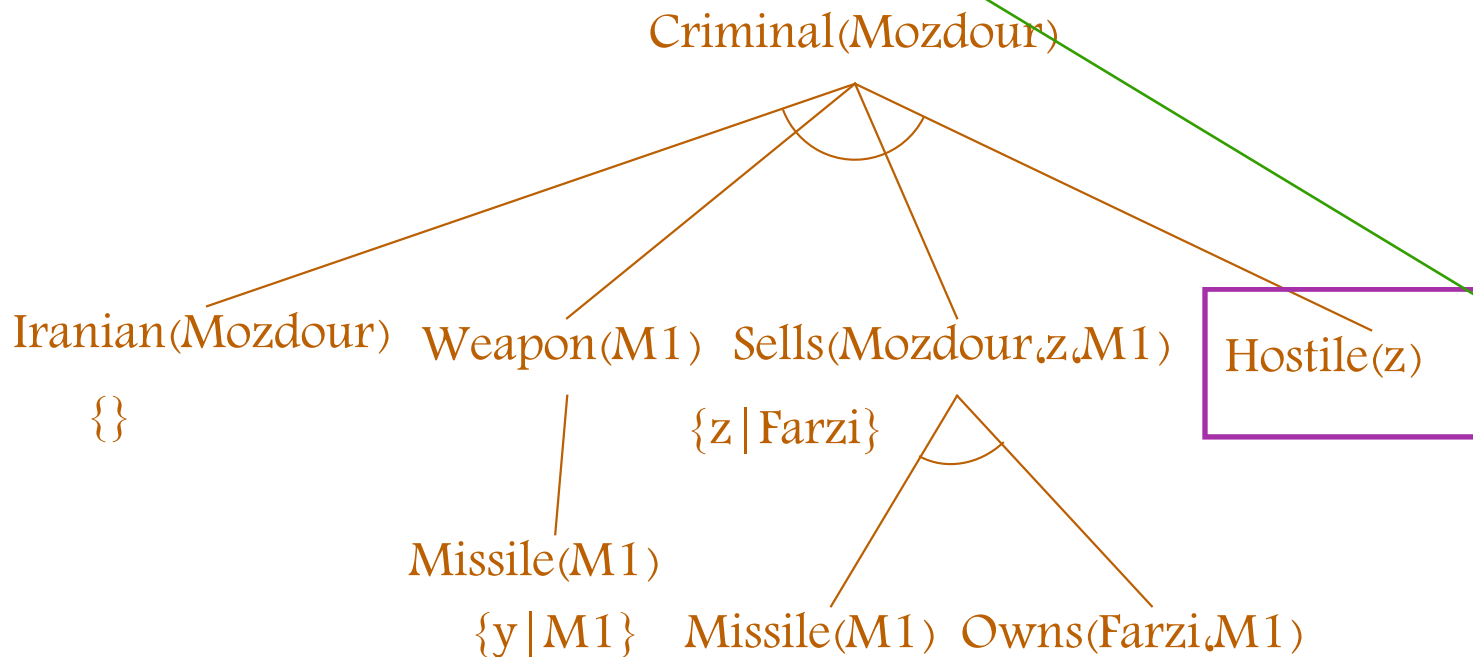


الگه به جای وای
بذاریم
M1
با یکی از جملات
پایگاهمون یکی
میشه پس مقدم را
نتیجه گرفتیم پس
تالی هم نتیجه
میگیریم یعنی باید به
جای وای بذاریم
M1

به جای زد
میذاریم فرضی

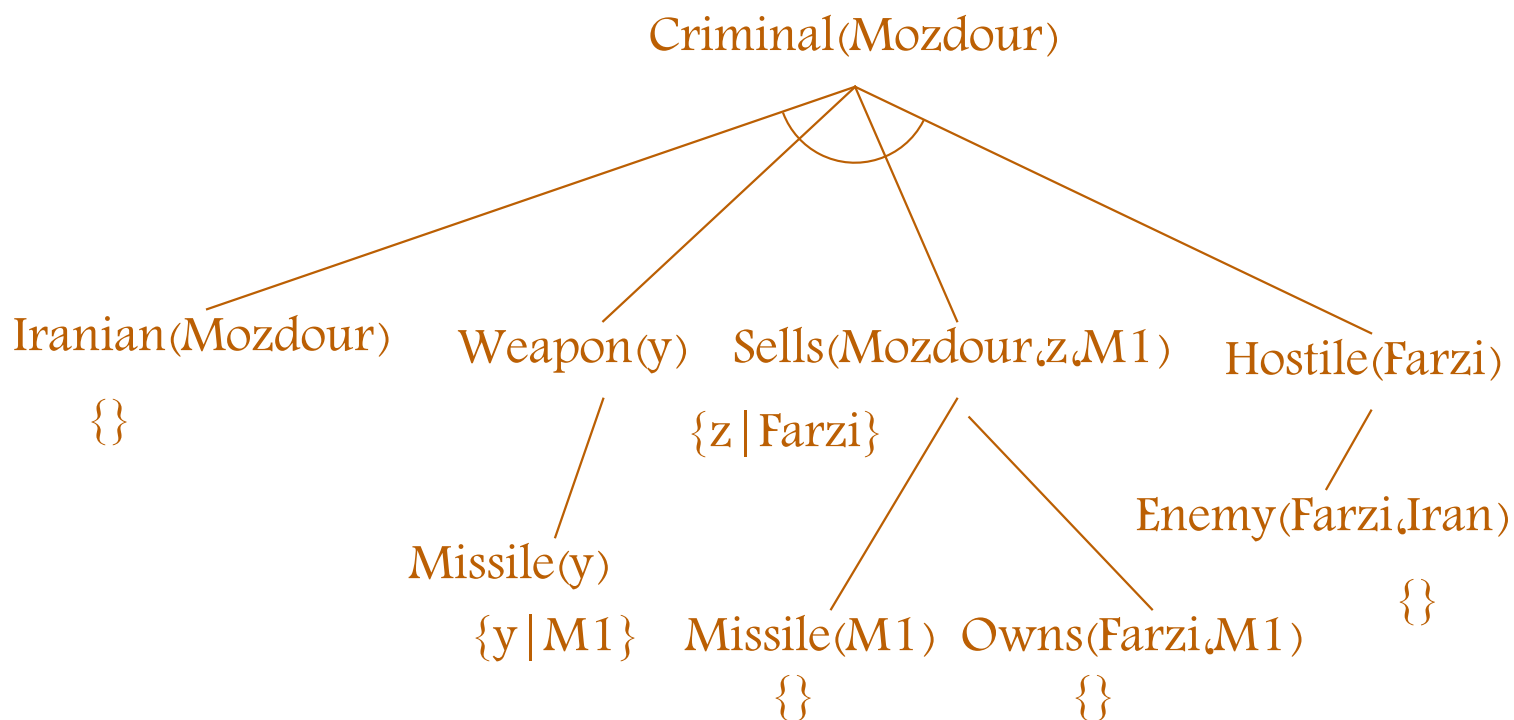
زنجیربندی به عقب

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



زنجیربندی به عقب

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



زنجیربندی به عقب

■ عمل بصورت عمق نخست

■ ناکامل بخاطر امکان حلقه های بی پایان

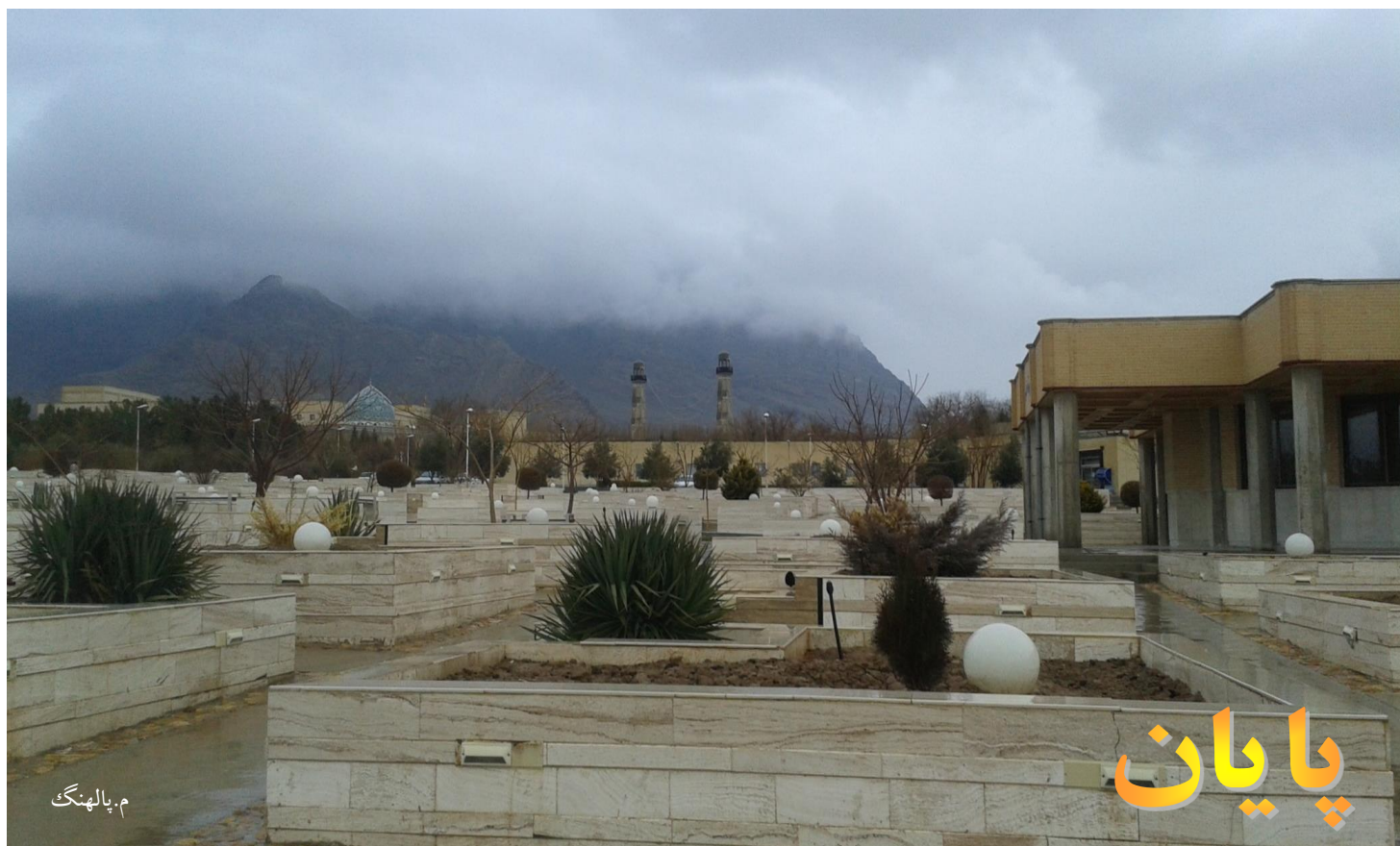
■ استفاده شده در برنامه نویسی منطقی

مثل پرولوگ

خلاصه

- چگونگی استنتاج در منطق مرتبه اول
- تبدیل به یک پایگاه منطق گزاره ای
- استفاده از حذف عمومی
- استفاده از حذف وجودی
- عدم کارآئی مناسب
- استفاده از قانون انتزاع تعمیم یافته
- بکارگیری بصورت زنجیربندی به جلو
- بکارگیری بصورت زنجیربندی به عقب

ایجاد تعداد زیادی
جملات نامربوط و
حجم زیادی میگیره



م. پالهنك

دانشگاه صنعتی اصفهان - مجموعه مفاخر اصفهان

مازیار پالهنك

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

34

- 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.