

بسمه تعالی

هوش مصنوعی عاملین منطقی - ۳ نیمسال اول ۱۴۰۲-۱۴۰۱

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

یاد آوری

- عامل دانش - مبنا
- منطق، ایجاب کردن
- دنیای دیو، اکتشاف در دنیای دیو
- مدلهای
- استنتاج: یکی از دو وظیفه
 - موثق، کامل
 - منطق گزاره ای
- استنتاج با جدول درستی
- معتبر و قابل ارضا بودن
- قوانین استنتاج
 - قانون انتزاع، حذف و، هم ارزیها

قوانین استنتاج

■ قانون انتزاع Modus Ponens:

$$\frac{\alpha \Rightarrow \beta, \quad \alpha}{\beta}$$

■ حذف و:

$$\frac{\alpha \wedge \beta}{\alpha} .$$

■ همه هم ارزیهای منطقی

$$\frac{\alpha \Leftrightarrow \beta}{(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)}$$
$$\frac{(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)}{\alpha \Leftrightarrow \beta} .$$

مثال برای دنیای دیو

■ نشان دادن $\neg P_{1,2}$

■ قوانین تا کنون:

قانون اول

$$\rightarrow R_1 : \neg P_{1,1}$$

$$R_2 : B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1}) .$$

$$R_3 : B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1}) .$$

$$R_4 : \neg B_{1,1} .$$

$$R_5 : B_{2,1} .$$

مثال برای دنیای دیو

حذف دو شرطی به R_2

$$R_6 : (B_{1,1} \Rightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1}) .$$

حذف و به R_6

$$R_7 : ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1}) .$$

$$R_8 : (\neg B_{1,1} \Rightarrow \neg(P_{1,2} \vee P_{2,1})) .$$

هم ارزی

$$R_4 : \neg B_{1,1} .$$

$$R_9 : \neg(P_{1,2} \vee P_{2,1}) .$$

قانون انتزاع R_4 و R_8

اینو که عکس و
نقیض کنیم میرسیم
به
R8

نقیض
b1,1
درست است
پس تالی هم درست
است

مثال برای دنیای دیو

■ دموورگان

$$R_{10} : \neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1} .$$

■ با حذف و



جستجو برای استنتاج

■ امکان استفاده از روشهای جستجوی کلاسیک برای یافتن دنباله
مراحلی که یک اثبات را شکل می دهند.

■ با تعریف مسئله بصورت:

■ حالت اولیه: پایگاه دانش اولیه

■ اعمال: همه قوانین استنتاج به همه جملاتی که به نیمه بالائی قانون
استنتاج منطبق می شوند.

به پایگاه دانش

■ نتیجه Result: اضافه شدن جمله پائین قانون استنتاج

■ هدف: حالتی که شامل جمله ای است که می خواهیم اثبات
کنیم.

در روش های استنتاج
جملات بی ربط کمتری
در نظر گرفته میشه

- کار آئی استنتاج بهتر از روشهای جستجو،
- جملات بی ربط کمتر در نظر گرفته می شوند.
- خاصیت **یکنواختی** **monotonicity**:
- با اضافه شدن جملات به پایگاه دانش، جملات ایجاب شده فقط افزوده می شوند.
- در واقع چیزی که قبلاً ایجاب می شده حذف نمی شود.

$$\text{if } KB \models \alpha \text{ then } KB \wedge \beta \models \alpha .$$

اضافه شدن بتا
باعث نمیشه که دیگه آلفا از پایگاه دانش ایجاب نشه
به این خاصیت یکنواختی میگن

برای بررسی ایجاب
شدن یه جمله از
جمله ی دیگه باید
قوانین استنتاج کافی
دراختیارمون باشه

- می دانیم قوانین استنتاج موثق هستند.
- ولی اگر قوانین استنتاج کافی نباشند باز نمی توان ایجاب یک جمله را چک نمود.
- بطور مثال اگر قانون حذف دو شرطی وجود نداشت در مثال قبل نمی شد $\neg P_{1,2}$ را نتیجه گرفت.

ما دوست داریم قانون استنتاجی رو داشته باشیم ک هم موثق باشه هم کامل
یه قانون هست به اسم تحلیل که این خاصیت رو داره

تحلیل Resolution

■ **لیترال**: جمله اتمی یا نقیض جمله اتمی

■ **کلاوز**: Clause: فصل لیترالها

■ **شکل عادی عطفی** (Conjunctive Normal Form-)

(CNF): عطف کلاوزها

فصل دوتا لیترال

E.g. $(A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg C \vee \neg D)$

کلاوز

لیترال

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

10

عطف دوتا کلاوز

از جمله های بالایی
این نتیجه میشه که
همه ی لیترال ها باهم
فصل بشن
و
Li باید
ازتوش حذف بشه

نقیض یکی هم ارز
دیگری است

■ قانون تحلیل تک Unit Resolution (حالت CNF)

$$\frac{\ell_1 \vee \dots \vee \ell_k, \quad m}{\ell_1 \vee \dots \vee \ell_{i-1} \vee \ell_{i+1} \vee \dots \vee \ell_k}$$

■ که l_1 و m لیترالهای مکمل هستند

■ قانون تحلیل حالت کلی Resolution (حالت CNF)

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

■ که l_i و m_j لیترالهای مکمل هستند.

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

11

فصل لیترال های
جمله ی اول و لیترال
های جمله ی دوم

از جمله ی اول
Li
حذف میشه

از جمله ی دوم باید
mj
حذف شه

اعمال قانون تحلیل یا
رزولوشن به این
دوجمله بالایی

نقیض این لیترال
توی جمله ی دوم
اومده
پس جمله ی پایین
ایجاد میشه

■ بطور مثال در دیای دیو:

$$\frac{P_{1,1} \vee P_{3,1}, \quad \neg P_{1,1} \vee \neg P_{2,2}}{P_{3,1} \vee \neg P_{2,2}}$$

دو تا لیترال بالایی که
دورشون مستطیل
قرمز کشیدم حذف
میشه و این جمله که
فصل لیترال های باقی
مانده است ایجاد
میشه

برای اینکه بتوانیم از قانون تحلیل استفاده کنیم باید جملات به
فرم
cnf
باشند یعنی بشه عطف کلاوز ها درحالی که خود کلاوز ها
فصل لیترال ها باشن

تبدیل به CNF

■ حذف دو شرطی: جایگزینی $\alpha \Leftrightarrow \beta$ با $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$

$$(B_{1,1} \Rightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1}) .$$

■ حذف شرطی: جایگزینی $\alpha \Rightarrow \beta$ با $\neg \alpha \vee \beta$

$$(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg (P_{1,2} \vee P_{2,1}) \vee B_{1,1}) .$$

■ بردن نقیض به داخل با استفاده از نقیض دو گانه و دموورگان:

$$\neg(\neg \alpha) \equiv \alpha \quad (\text{double-negation elimination})$$

$$\neg(\alpha \wedge \beta) \equiv (\neg \alpha \vee \neg \beta) \quad (\text{De Morgan})$$

$$\neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg \alpha \wedge \neg \beta) \quad (\text{De Morgan})$$

$$(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge ((\neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1}) \vee B_{1,1}) .$$

■ توزیع \vee روی \wedge :

$$(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg P_{1,2} \vee B_{1,1}) \wedge (\neg P_{2,1} \vee B_{1,1}) .$$

■ اگر در کلاوزی از یک لیترال چند نسخه وجود داشت فقط یکی نگاه داشته می شود.

■ به این عمل **فاکتورگیری** **factoring** گفته می شود.

propositional
logic

منطق گزاره ای

میخایم نشون بدیم آیا الف از پایگاه
دانش ایجاد میشه یا نه
که معادل با اینکه که بگیم عطف
پایگاه دانش با نقیض آلفا قابل ارضا
نیست

Resolution الگوریتم

■ اثبات با تناقض (برهان خلف)، نشان دهید که $KB \wedge \neg \alpha$ قابل ارضا نیست.

Figure 7.13

function PL-RESOLUTION(KB, α) **returns** *true* or *false*
inputs: KB , the knowledge base, a sentence in propositional logic
 α , the query, a sentence in propositional logic

$clauses \leftarrow$ the set of clauses in the CNF representation of $KB \wedge \neg \alpha$

$new \leftarrow \{\}$

while *true* **do**

for each pair of clauses C_i, C_j **in** $clauses$ **do**

$resolvents \leftarrow$ PL-RESOLVE(C_i, C_j)

if $resolvents$ contains the empty clause **then return** *true*

$new \leftarrow new \cup resolvents$

if $new \subseteq clauses$ **then return** *false*

$clauses \leftarrow clauses \cup new$

A simple resolution algorithm for propositional logic. PL-RESOLVE returns the set of all possible clauses obtained by resolving its two inputs.

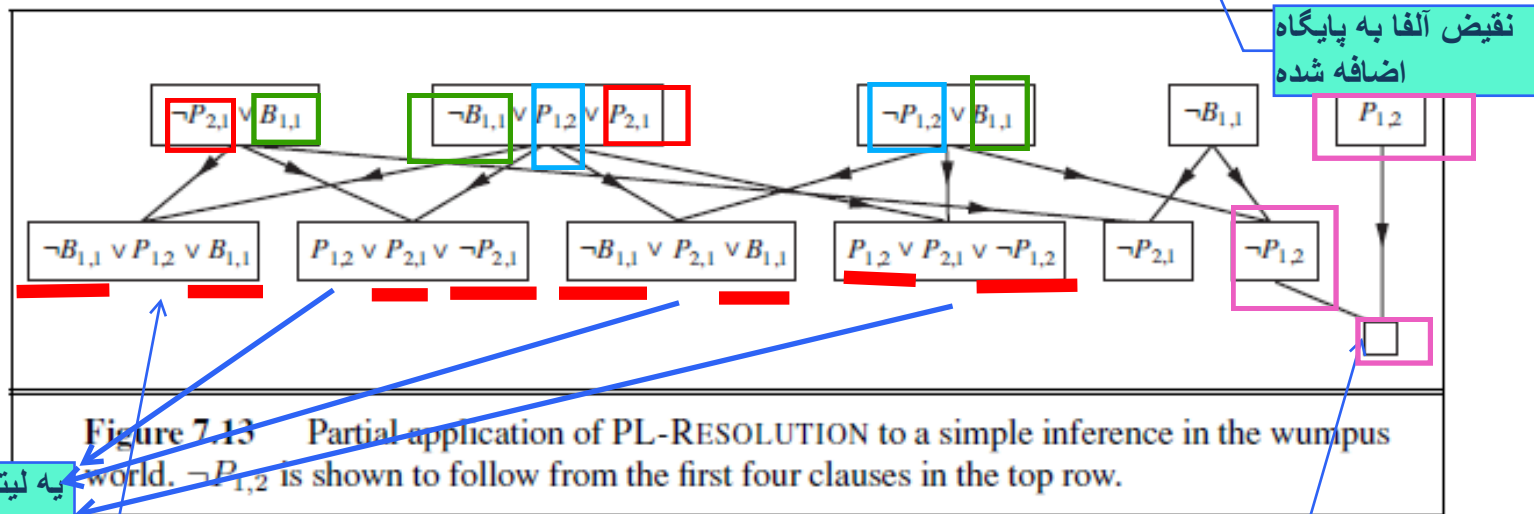
جملاتی که با اعمال
رزولوشن ایجاد
میشوند

اول نقیض آلفا را به
پایگاه دانش اضافه
میکنیم
بعد به فرم
cnf
درمیاریم

اگه به کلاوز تهی
برسیم یعنی آلفا از
پایگاه دانش ایجاد
میشه

مثال Resolution

■ $KB = (B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge \neg B_{1,1} \quad \alpha = \neg P_{1,2}$



نقیض آلفا به پایگاه اضافه شده

یه لیترال با نقیضش را داریم پس همواره خروجی درست است ولی ما دنبال تهی هستیم

مازیار پالهنی

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

اینجا به کلاوز تهی رسیدیم یعنی آلفا از پایگاه ایجاد میشده

- تحلیل یک روال استنتاج موثق و کامل است.
- همیشه به توان کامل آن نیاز نیست.
- بسیاری از پایگاههای دانش محدودیتهائی روی جملاتی که استفاده می کنند دارند،
- این باعث می شود که بتوان الگوریتمهای استنتاج محدودتر و کار آتری استفاده نمود.

پس کلاوز معین یک
کلاوز هرن حتما
هست

■ کلاوز معین **Definite clause** کلاوزی با دقیقاً یک لیترال مثبت

■ بطور مثال $(\neg L_{1,1} \vee \neg Breeze \vee B_{1,1})$

■ کلاوز هرن **Horn Clause** کلاوزی با حداکثر یک لیترال مثبت

■ کلاوز بدون لیترال مثبت **Goal Clause** کلاوز هدف

■ کلاوزهای هرن تحت تحلیل بسته هستند.

■ اگر تحلیل را روی دو کلاوز هرن اعمال کنیم حاصل یک کلاوز هرن خواهد شد.

یعنی آگه قانون تحلیل را روی دوتا
کلاوز هرن استفاده کنیم نتیجه یه
کلاوز هرن دیگه است

$$\begin{aligned}
\text{CNFSentence} &\rightarrow \text{Clause}_1 \wedge \dots \wedge \text{Clause}_n \\
\text{Clause} &\rightarrow \text{Literal}_1 \vee \dots \vee \text{Literal}_m \\
\text{Fact} &\rightarrow \text{Symbol} \\
\text{Literal} &\rightarrow \text{Symbol} \mid \neg \text{Symbol} \\
\text{Symbol} &\rightarrow P \mid Q \mid R \mid \dots \\
\text{HornClauseForm} &\rightarrow \text{DefiniteClauseForm} \mid \text{GoalClauseForm} \\
\text{DefiniteClauseForm} &\rightarrow \text{Fact} \mid (\text{Symbol}_1 \wedge \dots \wedge \text{Symbol}_l) \Rightarrow \text{Symbol} \\
\text{GoalClauseForm} &\rightarrow (\text{Symbol}_1 \wedge \dots \wedge \text{Symbol}_l) \Rightarrow \text{False}
\end{aligned}$$

به مقدم شرط بدنه
به تالی شرط سر
گفته میشه

- پایگاههای دانش به صورت **کلاوزهای معین** جالب هستند چون:
- یک کلاوز معین قابل تبدیل به **فرم شرطی** است که در آن مقدم عطف لیتراهای مثبت و تالی یک لیترال مثبت است.

یک کلاوز معین

- بدنه و سر

■ مثال $(\neg L_{1,1} \vee \neg \text{Breeze} \vee B_{1,1})$

استفاده از قانون
دمورگان

■ تبدیل به $(\neg(L_{1,1} \wedge \text{Breeze}) \vee B_{1,1})$

■ تبدیل به $(L_{1,1} \wedge \text{Breeze}) \Rightarrow B_{1,1}$

- درک جملات به صورت شرطی ساده تر است.

اگه عامل در خانه ی یک و یک
باشه و درک ما نسیم باشه
در خانه یک و یک نسیم داریم

بیان واقعیت به
صورت شرطی

- واقعیت: یک کلاوز فقط با یک لیترال مثبت و بدون لیترال منفی
- مانند: $L_{1,1}$
- می تواند به صورت $\text{True} \Rightarrow L_{1,1}$ نوشته شود.
- کلاوز بدون لیترال مثبت را می توان بصورت یک شرطی با سر False نوشت
- $(W_{1,1} \wedge W_{1,2}) \Rightarrow \text{False}$ هم ارز است با $(\neg W_{1,1} \vee \neg W_{1,2})$

- استنتاج با کلاوزهای هرن را می توان بصورت زنجیربندی به جلو یا زنجیربندی به عقب انجام داد.
- تعیین ایجاب کردن از روی کلاوزهای هرن در زمانی بصورت خطی نسبت به اندازه پایگاه دانش قابل انجام است.

خلاصه

- نمایش جملات دنیای دیو در منطق گزاره ای
- جدول درستی برای استنتاج
- هم ارزیها
- قوانین استنتاج
- جستجو برای استنتاج
- قانون Resolution
- تبدیل جملات بصورت CNF
- عدم نیاز به توان کامل تحلیل
- کلاوزهای معین و هرن



دانشگاه صنعتی اصفهان - مجموعه تالارها

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

24

- 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.