

بسمه تعالی

هوش مصنوعی عاملین منطقی - ۴ نیمسال اول ۱۴۰۲-۱۴۰۱

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

یادآوری

- عامل دانش - مبنا
- منطق، ایجاب کردن
- دنیای دیو، اکتشاف در دنیای دیو
- مدلها، استنتاج
- منطق گزاره ای
- استنتاج با جدول درستی
- معتبر و قابل ارضا بودن
- قوانین استنتاج
- قانون انتزاع، حذف و، هم ارزیها
- تحلیل (resolution)
- تبدیل به شکل اصلی عطفی
- الگوریتم تحلیل
- مثال تحلیل در شکل اصلی عطفی
- پایگاه دانش به شکل کلاوز معین

- 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.

به صورت ضمنی ما
فرض میکنیم بین این
جملات عطف است

جملاتی که توی
پایگاه دانش داریم به
این دو صورت هستند

زنجیر بندی به جلو و عقب

■ در شکل هر ن پایگاه دانش عطف کلاوزهای هر ن است.

■ نماد گزاره ای، یا

■ عطف نمادها \Leftarrow نماد

■ E.g., $C \wedge (B \Rightarrow A) \wedge (C \wedge D \Rightarrow B)$

■ قانون انتزاع (برای شکل هر ن) کامل است.

اگه پایگاه دانش بخاد
درست باشه همه ی
این جملات باید
درست باشند

$$\frac{\alpha_1, \dots, \alpha_n, \quad \alpha_1 \wedge \dots \wedge \alpha_n \Rightarrow \beta}{\beta}$$

تک تک اینها را
میدانیم درست است
اگه عطفشون را هم
بنویسیم درست میشه
جمله ی حاصل شده

مازیار پالهنک

■ می تواند با زنجیر بندی به جلو و عقب پیاده سازی شود.
■ در زمان خطی با اندازه پایگاه دانش اجرا می شوند

الان مقدم این شرط درست
میشه پس درست بودن تالی
نتیجه گرفته میشه

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

قانون انتزاع را با
زنجیر بندی به جلو
و عقب میشه پیاده
سازی کرد

قانون انتزاع میگفت اگه بدانیم
 $a \Rightarrow b$
درست است و بدانیم که
 a درست است میشه
درست بودن بی را نتیجه بگیریم

یعنی از مقدم یه قانون میشه تالی اون قانون را نتیجه گرفت بعدش میتونیم اون تالی ک بدست اومده را به پایگاه دانش اضافه کنیم اگه تالی بدست اومده همون چیزیه که میخاستیم توقف میکنیم اگر نه هم ادامه میدیم و بازم چک میکنیم ایا چیز جدیدی میتونه به پایگاه دانش اضافه شه؟

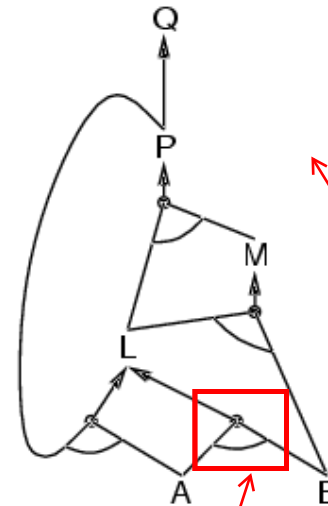
زنجیر بندی به جلو

- هر قانونی که مؤلفه های مقدمش در KB بدست آمده آتش می شود،
- تالی آن به KB اضافه شده و اگر به جواب رسیده ایم توقف می کنیم.

پایگاه دانش ما این جملات است

$$\begin{aligned} P &\Rightarrow Q \\ L \wedge M &\Rightarrow P \\ B \wedge L &\Rightarrow M \\ A \wedge P &\Rightarrow L \\ A \wedge B &\Rightarrow L \\ A \\ B \end{aligned}$$

واقعیت ها یا فکت های A, B



AND-OR GRAPH

L
حاصل از عطف
 A, B
است

FORWARD CHAINING
زنجیربندی به جلو

آیا کیو از پایگاه دانش ایجاد میشه؟

کیو یک نماد گزاره است

الگوریتم زنجیر بندی به جلو

```
function PL-FC-ENTAILS?(KB, q) returns true or false
inputs: KB, the knowledge base, a set of propositional definite clauses
        q, the query, a proposition symbol
count ← a table, where count[c] is the number of symbols in c's premise
inferred ← a table, where inferred[s] is initially false for all symbols
agenda ← a queue of symbols, initially symbols known to be true in KB

while agenda is not empty do
    p ← POP(agenda)
    if p = q then return true
    if inferred[p] = false then
        inferred[p] ← true
        for each clause c in KB where p is in c.PREMISE do
            decrement count[c]
            if count[c] = 0 then add c.CONCLUSION to agenda
return false
```

جملات در پایگاه دانش به صورت کلاوز معین

تعداد نماد های مقدم سی
اگه سی به فرم شرطی نوشته شده باشه

پی توی چه کلاوزهایی از پایگاه دانش در مقدمشون وجود داره؟ برو تمام جملاتی که پی در مقدمشان هست را پیداکن

آیا نماد اس تاحالا استنتاج شده؟
ایا درستیش را بدست آوردیم تاحالا؟
اول کار برای همه ی نماد ها فالس است

یه صف است از نمادها که در ابتدای کار دران نمادهایی از پایگاه دانش که میدانیم درست است قرار میگیره

■ زنجیر بندی به جلو موثق و کامل برای کلاوزهای هرن می باشد.

آیا تا الان درستی پی را بدست آوردیم؟

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

ما داریم زنجیربندی به جلو انجام میدیم پس شروع کارمون باید تعدادی نماد در پایگاه باشه که ببینیم درست است یا نه؟

اگه به صفر رسیده یعنی متوجه شدیم که تمام مولفه های مقدم قانونمون را متوجه شدیم که درست است پس میتونیم تالی قانون را نتیجه بگیریم و به صف دستور جلسه اضافه کنیم

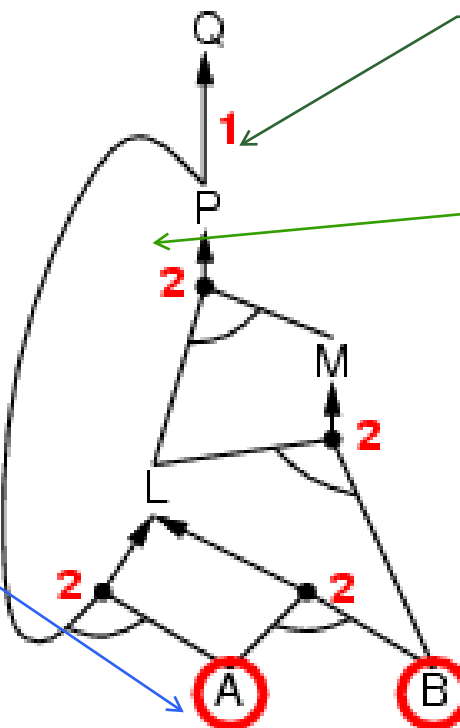
هرتالی میتونه باعث بشه که یه نماد دیگه
ای نتیجه گیری بشه برای همین بهش
زنجیر بندی به جلو میگیریم

مثال زنجیر بندی به جلو

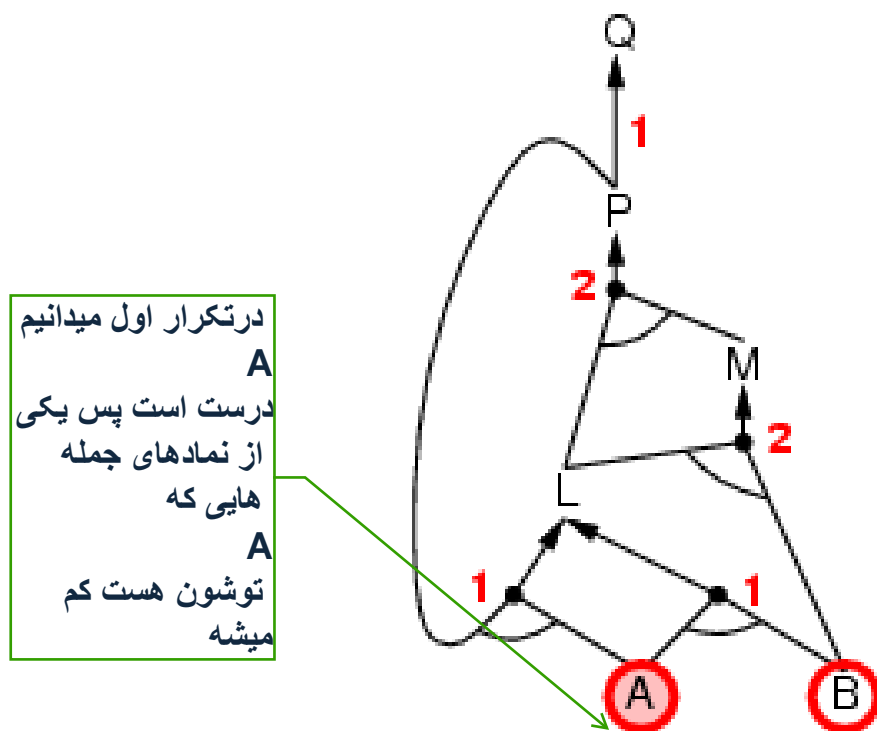
هر قانونی توی مقدم
شرطش چندتا نماد
داره

همان
 $COUNT[C]$

ابتدا چیزهایی که
میشه بگیریم درست
هستند همان واقعیت
های پایگاه دانش
هستند که
 A, B
است

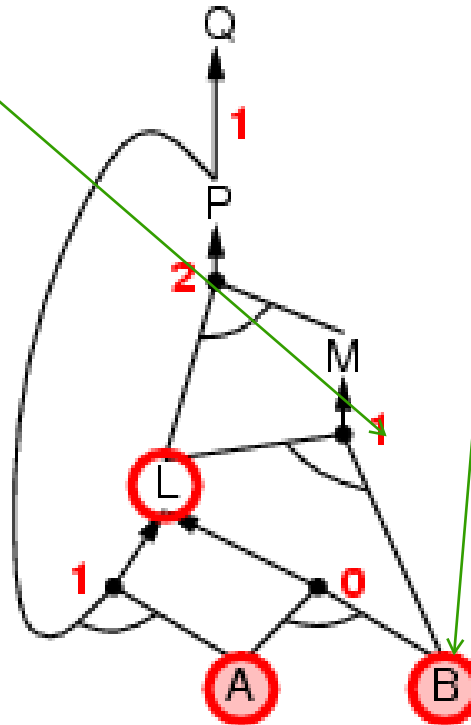


مثال زنجیر بندی به جلو



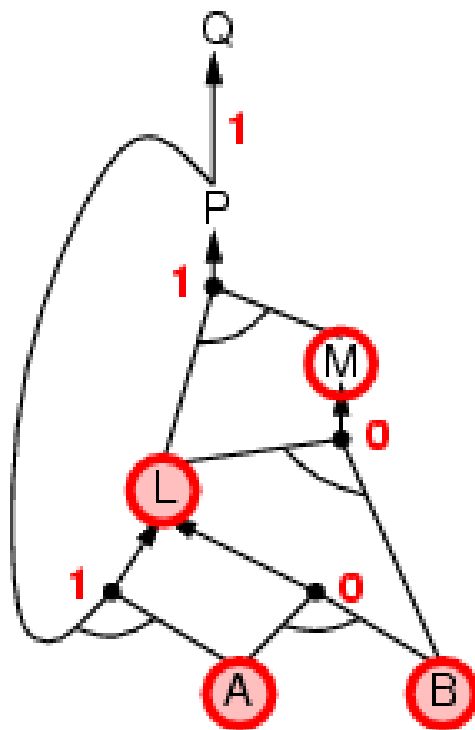
مثال زنجیر بندی به جلو

که اینجا بود ۲
به خاطر بی
یکی از ش کم شد

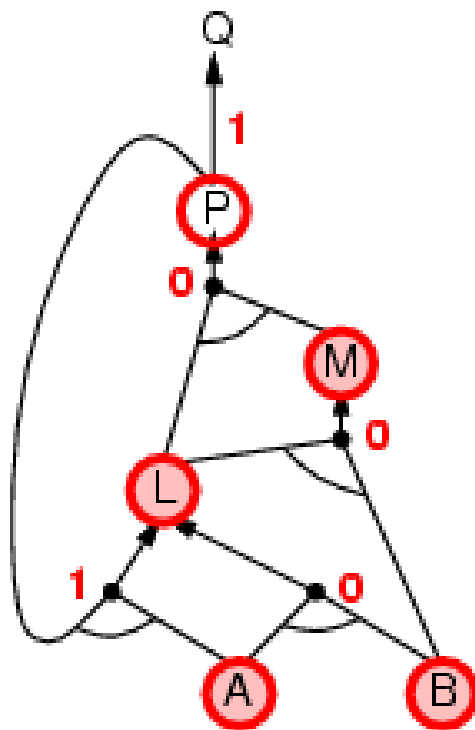


در تکرار بعدی از درست بودن بی
نتیجه میگیریم که باید یکی از نمادهای
جمله هایی ک توی مقدمشان بی بوده
کم کنیم
پس میشه اون جمله ای که
COUNT[C]=0
نتیجه بگیریم که تالش درست است
پس تالی به دستور جلسه ما اضافه
میشه

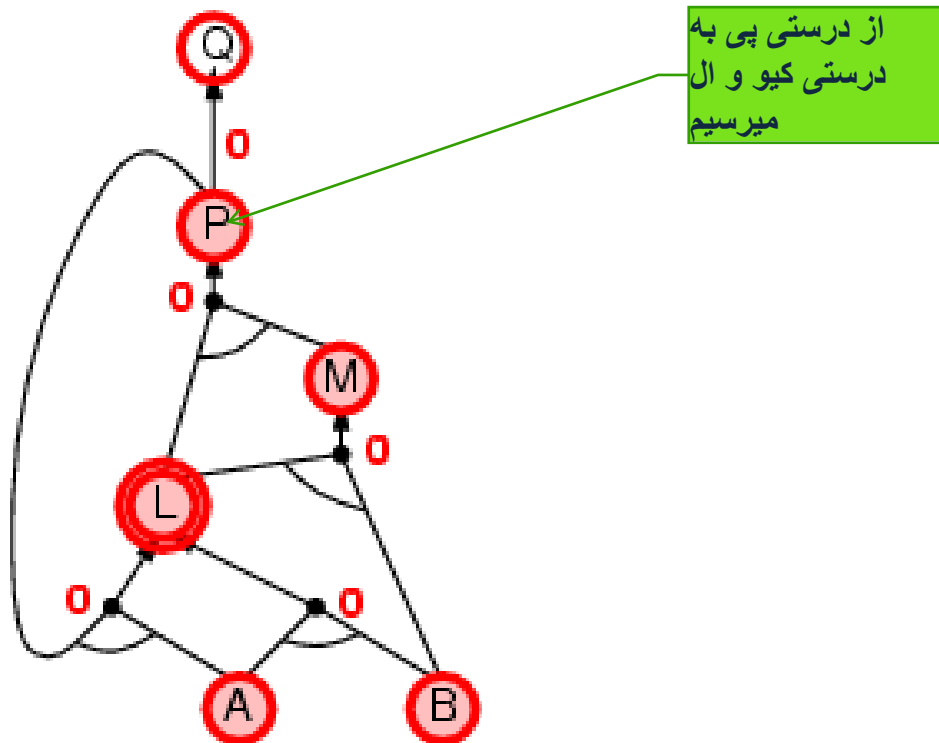
مثال زنجیر بندی به جلو



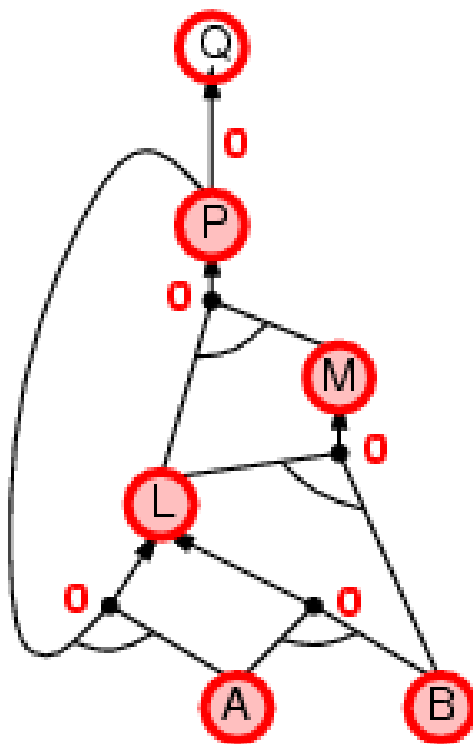
مثال زنجیر بندی به جلو



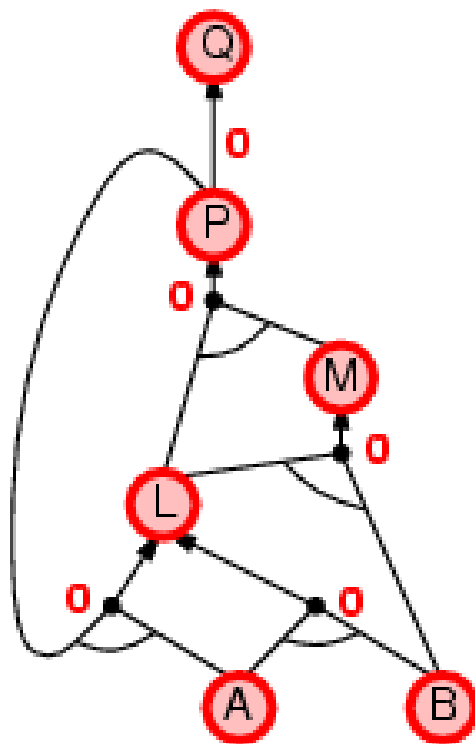
مثال زنجیر بندی به جلو



مثال زنجیر بندی به جلو



مثال زنجیر بندی به جلو



مبنای زنجیربندی به جلو قانون
انتزاع است و میدانیم قانون
انتزاع موثق است پس
زنجیربندی ب جلو هم موثق
است

اثبات کامل بودن

- ز.ج. چون اعمال قانون انتزاع است، بنابر این یک روال استنتاج موثق است.
- کامل بودن آن را باید بررسی کنیم.

هرکلاوز معینی که در
پایگاه اولیه داریم
توی مدل ام ای که
بش رسیدیم درست
است

اثبات کامل بودن

1. ز.ج. همه اتمهائی که از KB ایجاب می شوند را تولید می کند.
ز.ج. به نقطه ثابتی می رسد که دیگر اتمی قابل بدست آمدن نیست.
(وضعیت نهائی جدول Inferred)
2. حالت نهائی را به عنوان مدل m که مقادیر درست/نادرست به نمادها انتساب شده در نظر بگیرید.
3. هر کلاوز معینی در KB اولیه در m درست است.
4. اگر اینگونه نباشد کلاوزی مثل $a_1 \wedge \dots \wedge a_k \Rightarrow b$ وجود دارد عطف وقتی درست است که همه ی مولفه هاش درست باشند
5. یعنی مقدم درست و تالی نادرست است
6. این در تناقض است که الگوریتم به نقطه ثابتی رسیده است.
7. بنابر این m یک مدل KB است.
8. اگر $KB \models q$ ، باید در هر مدل KB درست باشد.
9. بنابر این در m نیز درست است.
01. بنابر این هر جمله ایجاب شونده q توسط الگوریتم استنتاج می شود.

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال دوم ۱۴۰۰-۰۱

16

اگه چیزی قرار باشه
از جملات پایگاه
دانش ایجاب بشه
ایجاب خواهد شد

■ ز.ج. در یک عامل می تواند در هنگام ورود یک درک استفاده شود.

■ در Tell

■ در انسان تحت کنترل است

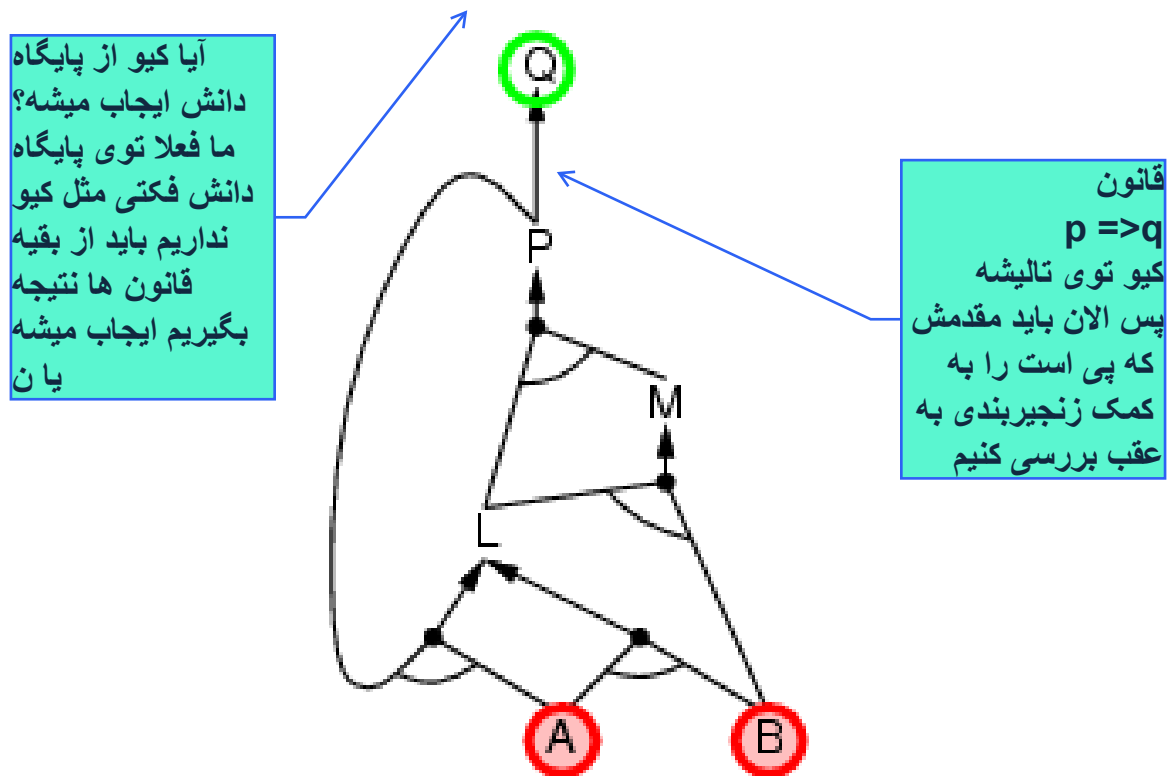
با ورود این درک آیا میشه استنتاج های دیگه ای هم داشته باشیم؟
یه دانشی تازه وارد شده چه چیزهایی میشه ارزش نتیجه گرفت؟ اطلاعات و نتیجه گیری های تازه

زنجیربندی به عقب

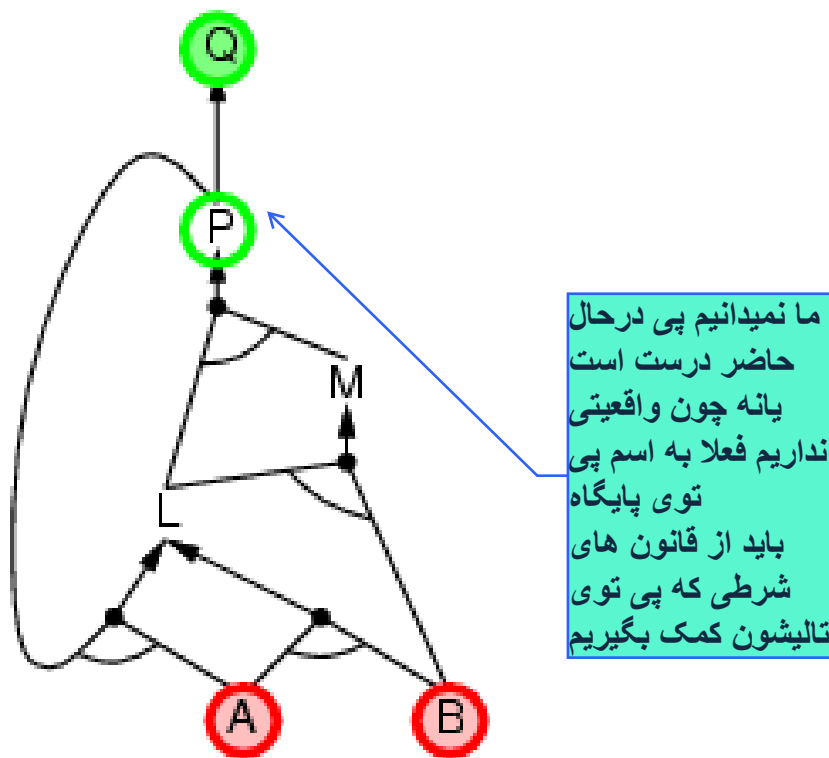
حرکت به سوی عقب از پرسش q

بررسی این که q هم اکنون درست است یا نه، یا
بوسیلهٔ ز.ع. همهٔ مؤلفه های مقدم قانونی که q را به عنوان تالی دارد
بررسی می کنیم.

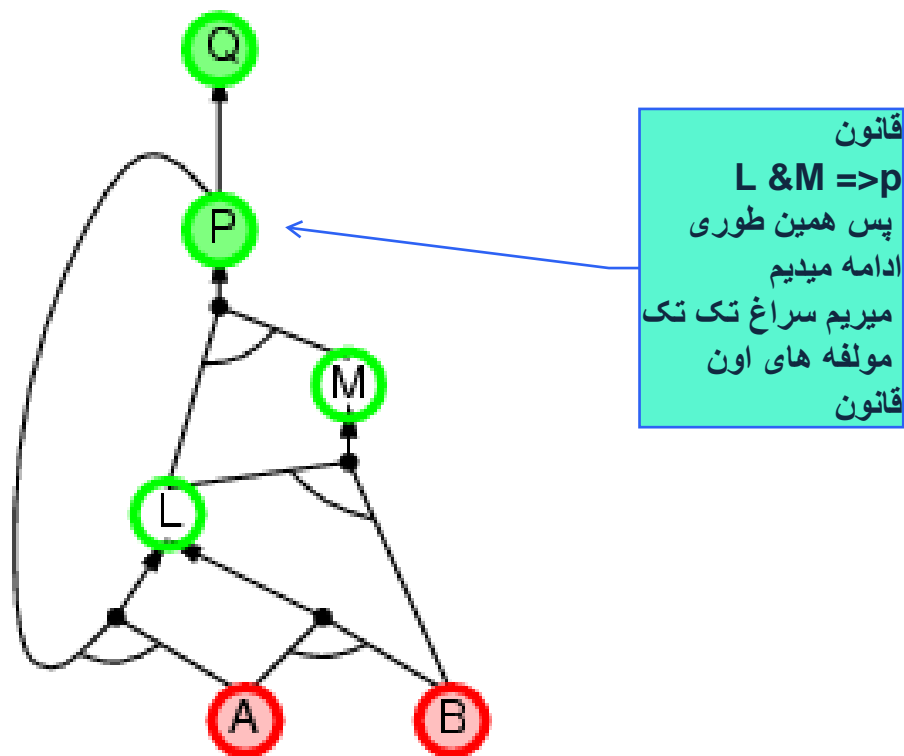
مثال زنجیربندی به عقب



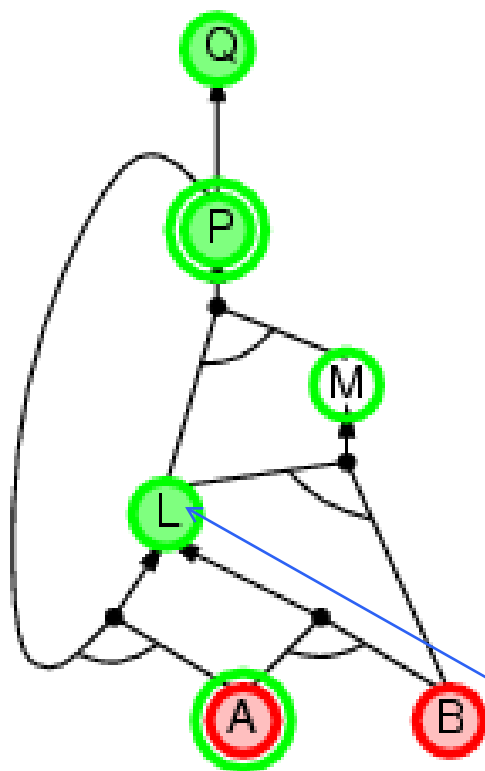
مثال زنجیربندی به عقب



مثال زنجیربندی به عقب

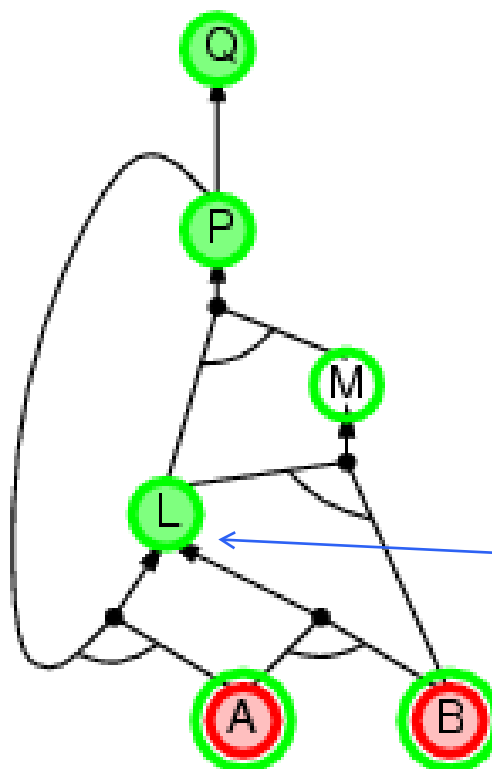


مثال زنجیربندی به عقب



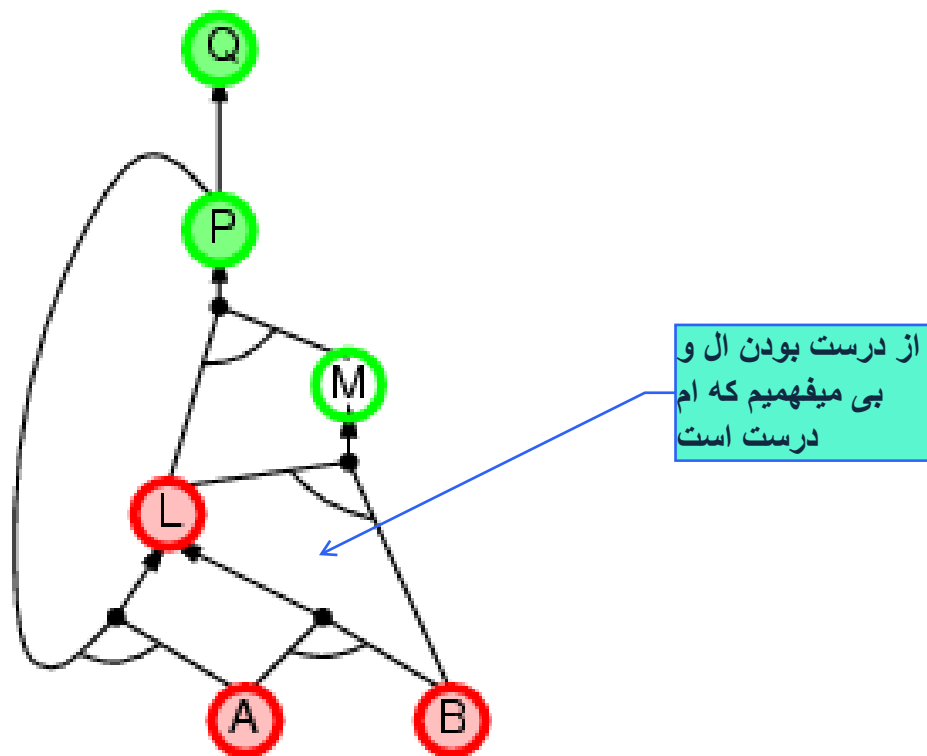
میخایم ال را بررسی
کنیم ولی نمیدونیم
درست است یا نه؟
میریم سراغ قانونی
که ال توی تالیش
باشه به
A
میرسیم که میدونیم
درست است چون
فکتمونه
حالا مثل استک میریم
جلو

مثال زنجیربندی به عقب

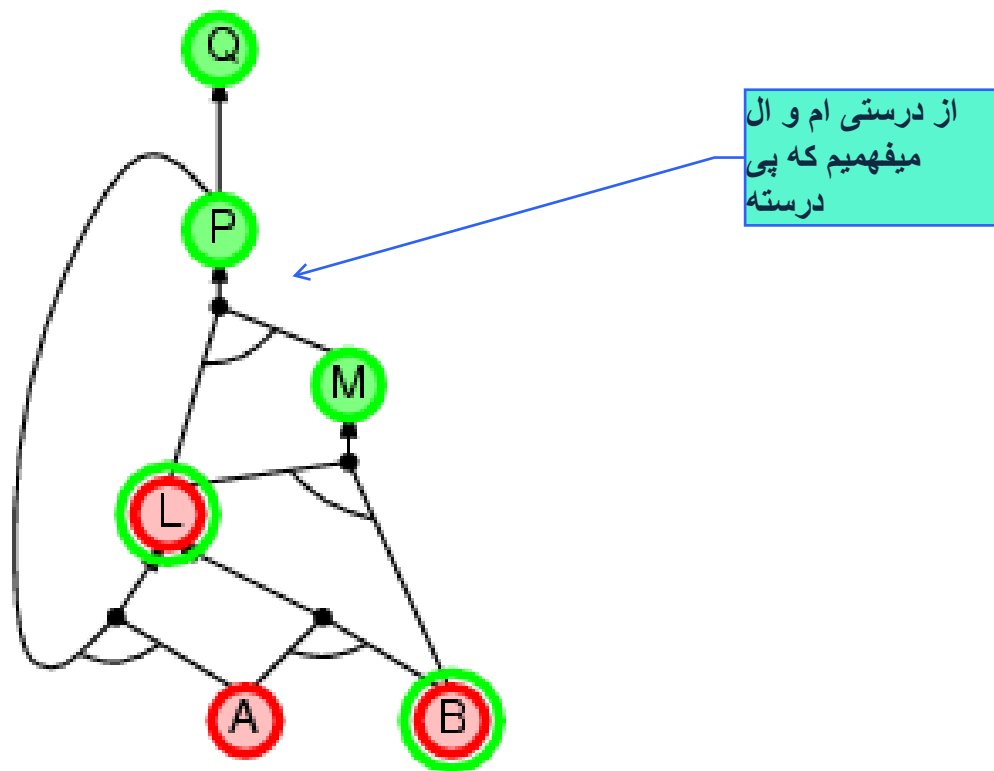


الان مقدم این قانون
که ال را می‌ده برای
هر دو مولفه درست
شد پس می‌توانیم
تالیش را نتیجه
بگیریم که تالیش
همان ال است پس ال
درسته

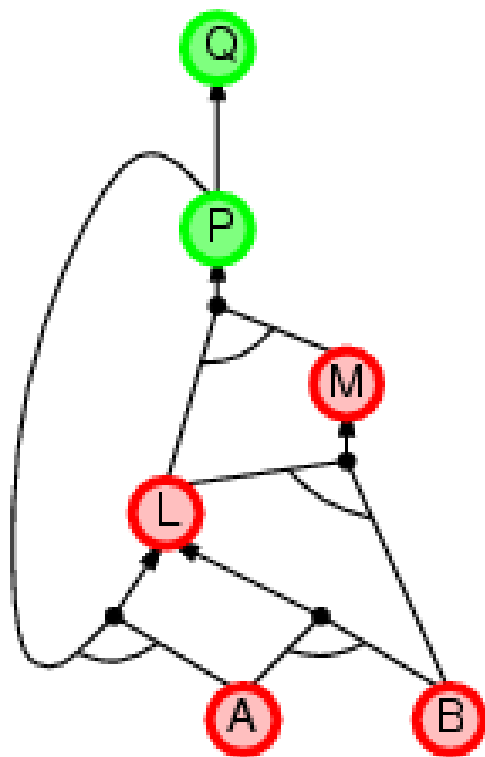
مثال زنجیربندی به عقب



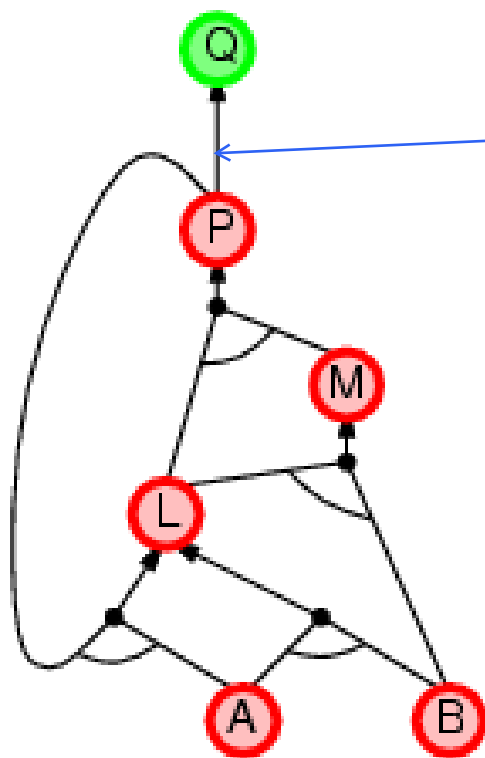
مثال زنجیربندی به عقب



مثال زنجیربندی به عقب

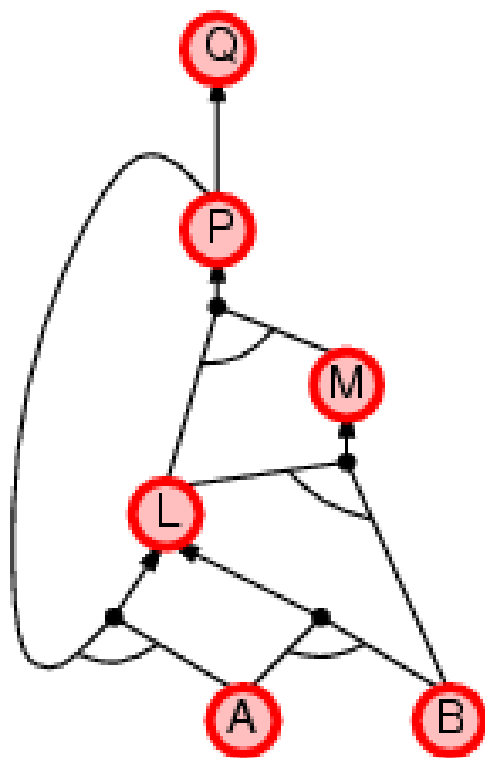


مثال زنجیربندی به عقب



از درست بودن مقدم
قانون پی انگاه کیو
میفهمیم که کیو
درسته

مثال زنجیربندی به عقب



استنتاج کارآ در منطق گزاره ای

■ چک مدل در منطق گزاره ای همانند مسائل ارضاء محدودیتها

■ جستجوی عقبگرد

■ الگوریتم DPLL – (Davis, Putnam, Logemann, Loveland)

■ جستجوی محلی

■ الگوریتم WalkSat

چون جمله ها از
عطف يه تعداد كلاوز
ايجاد ميشوند

الگوريتم DPLL

- استفاده از چند مكاشفه براي بهبود چك كامل مدلها در فهرست كردن جدول درستي
- بهبودها:

اولين مكاشفه

1. خاتمه زودهنگام

چون يه كلاوز از
فصل يه تعداد ليترال
ايجاد شده

يك كلاوز درست است اگر ليترالي از آن درست باشد
يك جمله نادرست است اگر كلاوزي از آن نادرست باشد

2. مكاشفه نماد خالص

نماد خالص هميشه با يك علامت در كلاوزها ظاهر مي شود
مثال: در $(C \vee A)$ ، $(\neg B \vee \neg C)$ ، $(A \vee \neg B)$ ، و B خالص بوده ولي C نه

ليترال متناظر با نماد خالص را درست كن

(چون اگر جمله مدلي داشته باشد با درست كردن آن نماد خالص كلاوز نادرست نمي شود.)

3. مكاشفه كلاوز تك

كلاوز تك فقط شامل يك ليترال است
آن تنها ليترال را درست كن

الگوریتم DPLL

function DPLL-SATISFIABLE?(*s*) *returns true or false*

inputs: *s*, a sentence in propositional logic

clauses \leftarrow the set of clauses in the CNF representation of *s*

symbols \leftarrow a list of the proposition symbols in *s*

return DPLL(*clauses*, *symbols*, { })

این الگوریتم چون هربار یه نماد را میگیره و مقدار میده و به صورت بازگشتی خودش را صدا میزنه و میره سراغ نمادهای بعدی به صورت عمقی داره جستجو میکنه
چون هر دفعه یه متغیر را میگیره و پایین میره توی درخت یک جستجوی عقبگرد است
مثل ارضای محدودیت ها یه تعدادی نماد هست که باید مقادیرشون مشخص بشه هدف ما هم اینه که بفهمیم جمله ی اس که ورودی است ارضا پذیر هست یا نه

نمادهای استفاده شده
در اس

آیا اس قابل ارضا
است؟
اس یه جمله در
منطق گزاره ای است

الگوریتم DPLL

function DPLL-SATISFIABLE?(*s*) returns *true* or *false*
inputs: *s*, a sentence in propositional logic

clauses ← the set of clauses in the CNF representation of *s*
symbols ← a list of the proposition symbols in *s*
return DPLL(*clauses*, *symbols*, { })

جملاتی که در منطق
گزاره ای داده شده را
ب تعدادی کلاوز
تبدیل میکنیم که به
فرم cnf
هستند

function DPLL(*clauses*, *symbols*, *model*) returns *true* or *false*

if every clause in *clauses* is true in *model* then return *true*
if some clause in *clauses* is false in *model* then return *false*
P, *value* ← FIND-PURE-SYMBOL(*symbols*, *clauses*, *model*)
if *P* is non-null then return DPLL(*clauses*, *symbols* - *P*, *model* ∪ {*P*=*value*})
P, *value* ← FIND-UNIT-CLAUSE(*clauses*, *model*)
if *P* is non-null then return DPLL(*clauses*, *symbols* - *P*, *model* ∪ {*P*=*value*})
P ← FIRST(*symbols*); *rest* ← REST(*symbols*)
return DPLL(*clauses*, *rest*, *model* ∪ {*P*=*true*}) or
DPLL(*clauses*, *rest*, *model* ∪ {*P*=*false*})

جستجو برای
پیدا کردن نماد خالص

در یکی از این حالت ها
ممکن است یه مدل پیدا کنیم
که کلاوز هامون توی اون
مدل درست باشه چ با
p=true

این مدل درست برگردانه و
چه با فالس چون اور کردیم
باهم

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

کلاوز تک را پیدا کن

از ابتدای نماد ها یه
نماد را بیرون
میکشیم و توی پی
میریزیم

مقداری که برای پی
پیداشده رابه
مجموعه ی مدلمان
اضافه کن

استفاده از جستجوی محلی

- شروع از یک انتساب به همه متغیرها،
- سعی در بهبود آن،
- با احتمال p انجام یک گام تصادفی،
- سعی در تغییر مقدار متغیری که تعداد کلاوزهای ارضاء شده را بیشینه کند.

اگر تعداد ماکس
دفعات تکرار تمام شد
و مدلی پیدا نشد که
همه را ارضا کند
شکست برگردان

پی یک احتمال است
که گام تصادفی است

حداکثر چقدر تغییر را
میتوانیم انجام بدهیم؟

الگوریتم WalkSAT

Figure 7.18

```
function WALKSAT(clauses, p, max_flips) returns a satisfying model or failure
inputs: clauses, a set of clauses in propositional logic
           p, the probability of choosing to do a “random walk” move, typically around 0.5
           max_flips, number of value flips allowed before giving up

model ← a random assignment of true/false to the symbols in clauses
for each i = 1 to max_flips do
    if model satisfies clauses then return model
    clause ← a randomly selected clause from clauses that is false in model
    if RANDOM(0, 1) ≤ p then
        flip the value in model of a randomly selected symbol from clause
    else flip whichever symbol in clause maximizes the number of satisfied clauses
return failure
```

The WALKSAT algorithm for checking satisfiability by randomly flipping the values of variables. Many versions of the algorithm exist.

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

34

با احتمال پی میخایم
یه گام تصادفی
برداریم

مقدار یه سمبل توی
کلاوز را به صورت
تصادفی فلیپ کن اگر
فالس ترو اگر تروهه
فالس میشه

- زنجیربندی به جلو و عقب
- چک مدل همانند مسئله ارضاء محدودیتها
- الگوریتم عقبگرد DPLL
- الگوریتم محلی WalkSat



دانشگاه صنعتی اصفهان - مجموعه تالارها

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

36

- 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.