



هوش مصنوعی

حسین کارشناس

دانشکده ریاضی

ترم اول ۹۴ - ۹۳

عامل‌های منطقی (Logical Agents)

عوامل‌های منطقی

- اهمیت دانش در هوشمندی
- “humans, it seems, know things; and what they know helps them to do things”
- نیاز به بیان (representation) دانش و استدلال (reasoning) بر روی آن
- عوامل‌های مبتنی بر دانش (knowledge-based agents)
- استمرار مسیر اتخاذ شده در مسائل ارضاء قید
- استفاده از منطق به عنوان یک کلاس نمایش کلی برای پشتیبانی از عوامل‌های مبتنی بر دانش
- امکان ترکیب و بازترکیب اطلاعات برای اهداف متفاوت
- امکان پویایی در کار با دانش: یادگیری و تغییر اطلاعات

عوامل‌های مبتنی بر دانش

- مؤلفه مرکزی: پایگاه دانش (knowledge base – KB)
- مجموعه‌ای از جملات (sentences) به یک زبان بیان دانش (knowledge representation language)
- برای دادن اظهارات (assertions)
- اصل (axiom): جمله‌ای که از جملات دیگر منتج نشده باشد
- عملیات اصلی روی KB
 - گفتن (Tell): اضافه کردن جملات جدید به KB
 - پرسیدن (Ask): دریافت اطلاعات (نتیجه‌گیری) از KB
 - نیاز به استنتاج (inference) در فرآیند انجام عملیات اصلی
 - ایجاد جملات جدید از روی جملات قبلی

عامل‌های مبتنی بر دانش

- نمای کلی عامل

function KB-AGENT(*percept*) **returns an** *action*

persistent: *KB*, a knowledge base

t, a counter, initially 0, indicating time

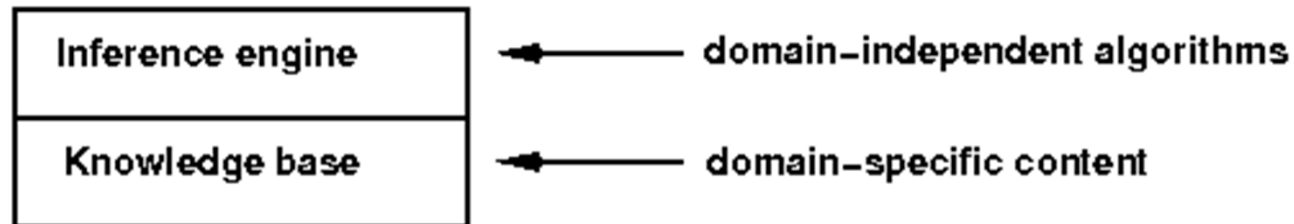
TELL(*KB*, MAKE-PERCEPT-SENTENCE(*percept*, *t*))

action ← ASK(*KB*, MAKE-ACTION-QUERY(*t*))

TELL(*KB*, MAKE-ACTION-SENTENCE(*action*, *t*))

t ← *t* + 1

return *action*



عوامل‌های مبتنی بر دانش

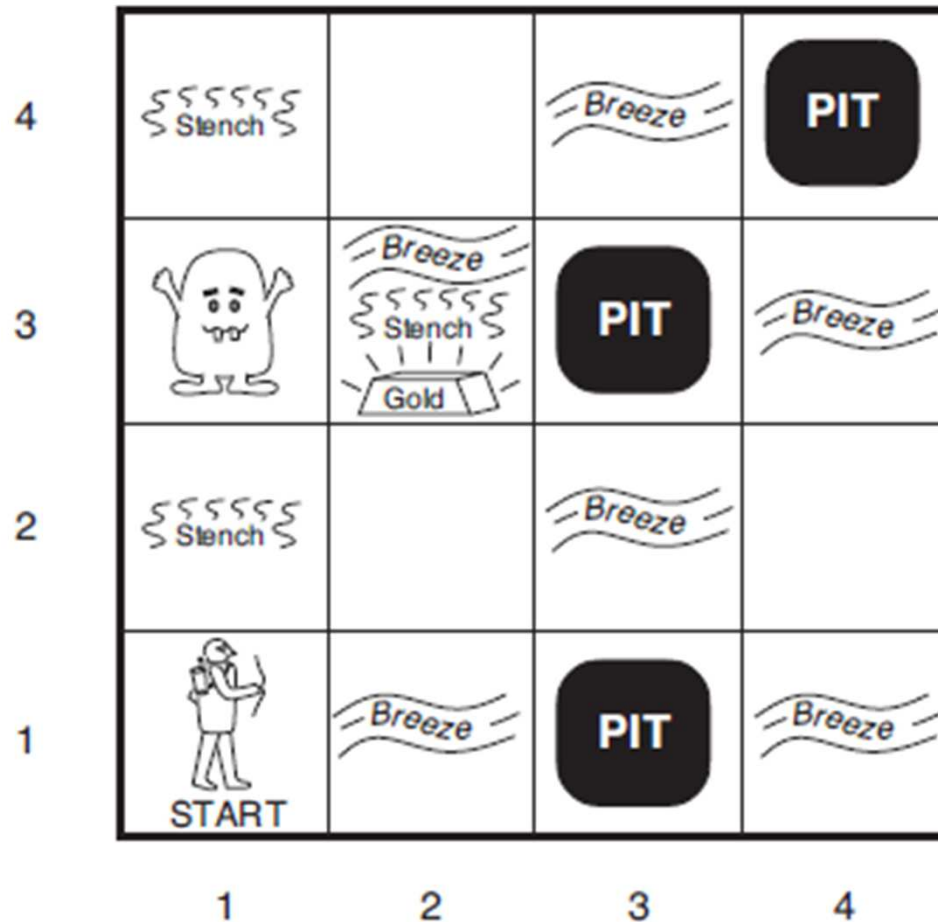
- ساختن عامل مبتنی بر دانش
 - بصورت اعلانی (declarative)
 - با عملیات گفتن: درج جملات جدید در KB
 - بصورت رویه‌ای (procedural)
 - قراردادن عملکرد موردنظر در کد برنامه عامل
- ترکیب دو روش اعلانی و رویه‌ای
 - منجر به یک عامل موفق‌تر می‌شود
 - امکان تبدیل دانش اعلانی به دانش رویه‌ای
 - افزایش کارایی عامل
- یادگیری
 - ایجاد خودمختاری

عوامل‌های مبتنی بر دانش

• دنیای دیو (Wumpus)

• توصیف PEAS

• ویژگی‌های محیط



عوامل‌های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش

OK			
OK A	OK		

عوامل‌های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

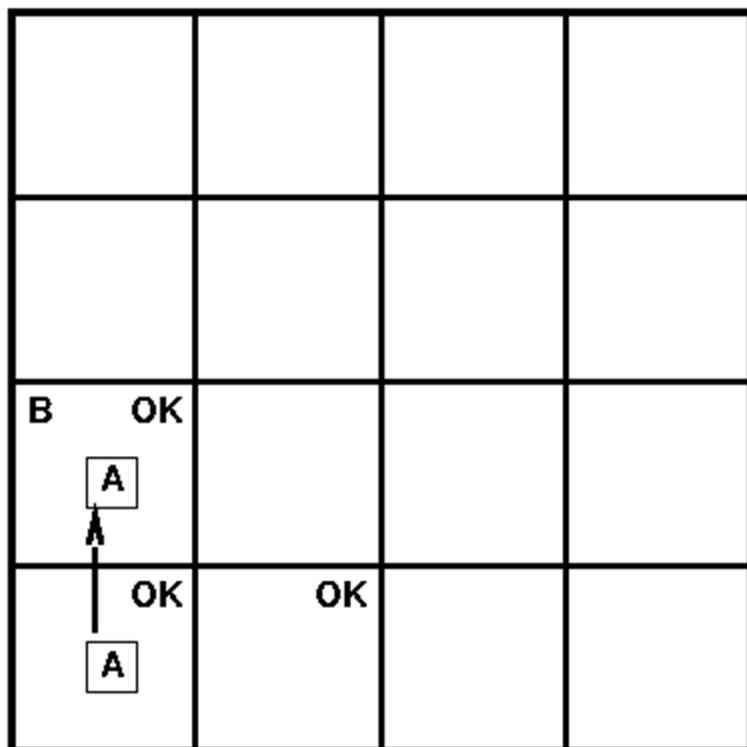
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



عوامل‌های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

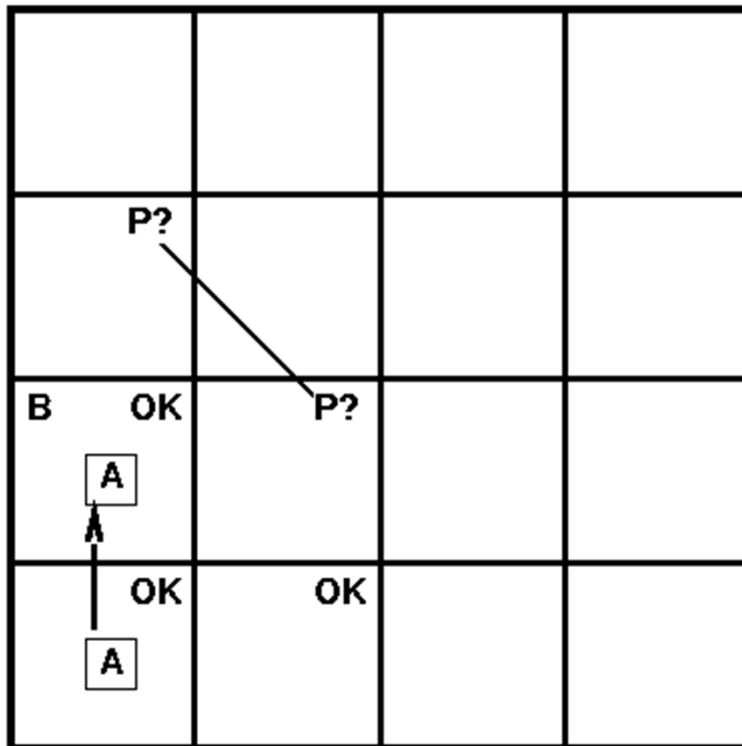
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



عوامل‌های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

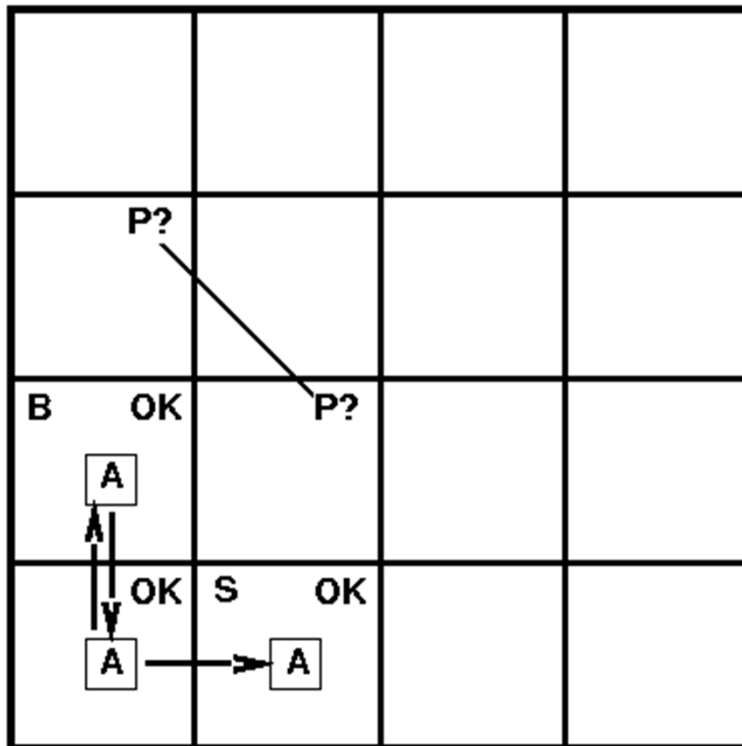
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



عوامل های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

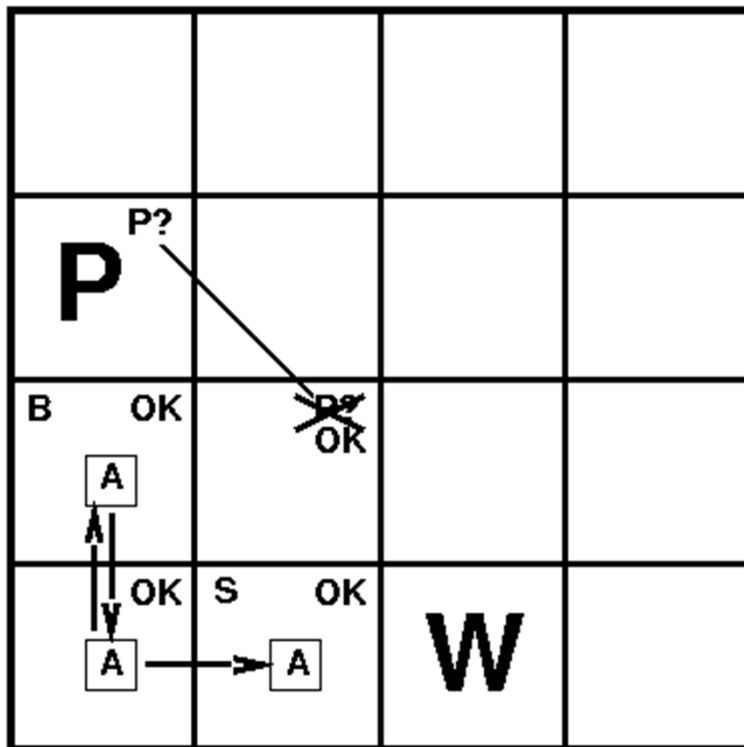
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



عوامل های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

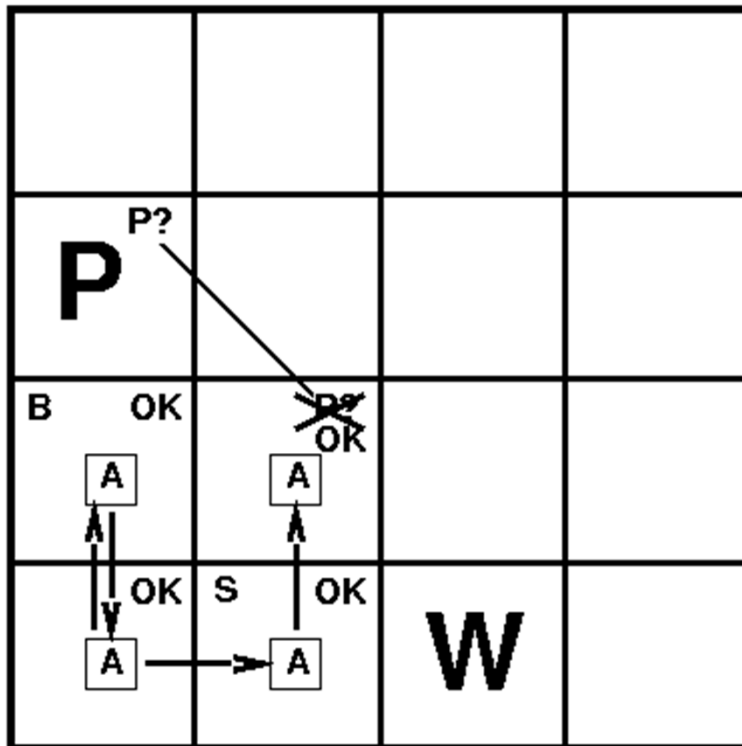
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



عوامل های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

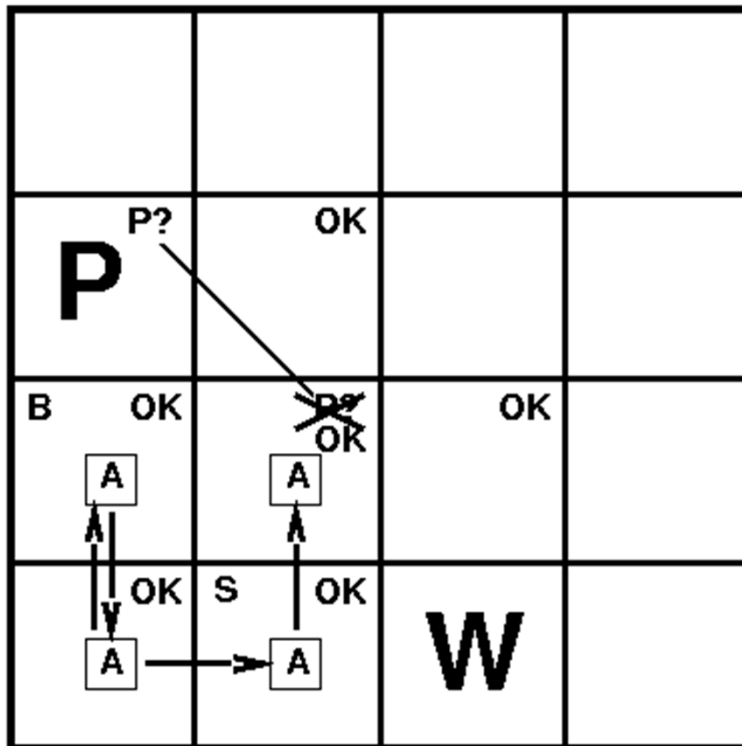
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



عوامل‌های مبتنی بر دانش

● استنتاج در دنیای دیو

● A: عامل

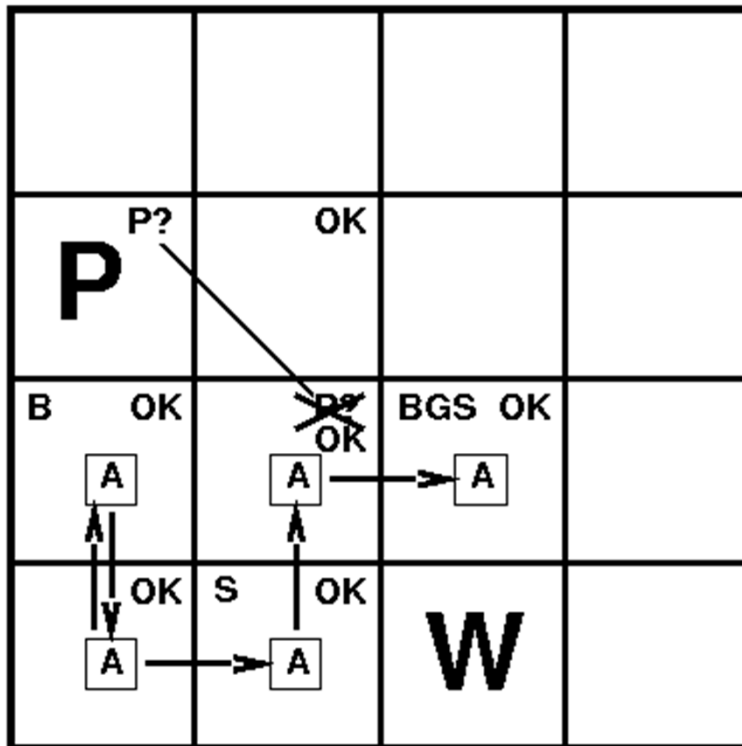
● P: چاه

● W: دیو

● B: نسیم

● S: بوی بد

● G: درخشش



زبان بیان منطق

- بیان جملات KB بر اساس قوانین ترکیب (syntax) یک زبان نمایش جملات متشکل (well-formed)
- تعیین معنای (semantics) جملات نسبت به یک دنیای ممکن
- تعیین صحت (truth) هر جمله: در منطق معمولی هر جمله می تواند صحیح (true) یا غلط (false) باشد
- هر دنیای ممکن را یک مدل می نامیم
- اگر جمله α در مدل m صحیح باشد، می گوییم m مدلی از α است (مدل m جمله α را ارضاء می کند)
- $M(\alpha)$ مجموعه تمام مدل های α را نشان می دهد

استدلال منطقی

- استفاده از رابطه التزام (entailment) بین جملات

- جمله β از جمله α نتیجه می‌شود: $\alpha \models \beta$

$M(\alpha) \subseteq M(\beta)$ اگر و فقط اگر $\alpha \models \beta$

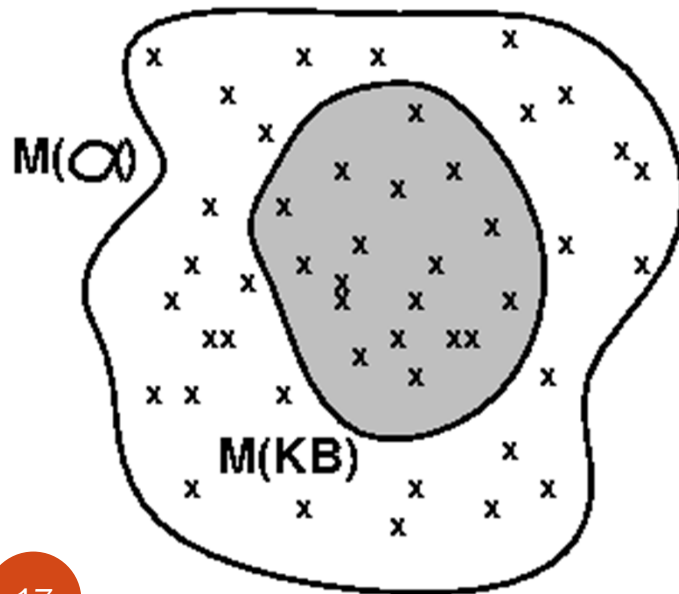
- استفاده از رابطه التزام برای نتیجه‌گیری از یک KB

$KB \models \alpha \Leftrightarrow M(KB) \subseteq M(\alpha)$

- اگر با استفاده از الگوریتم استنتاج i بتوان جمله

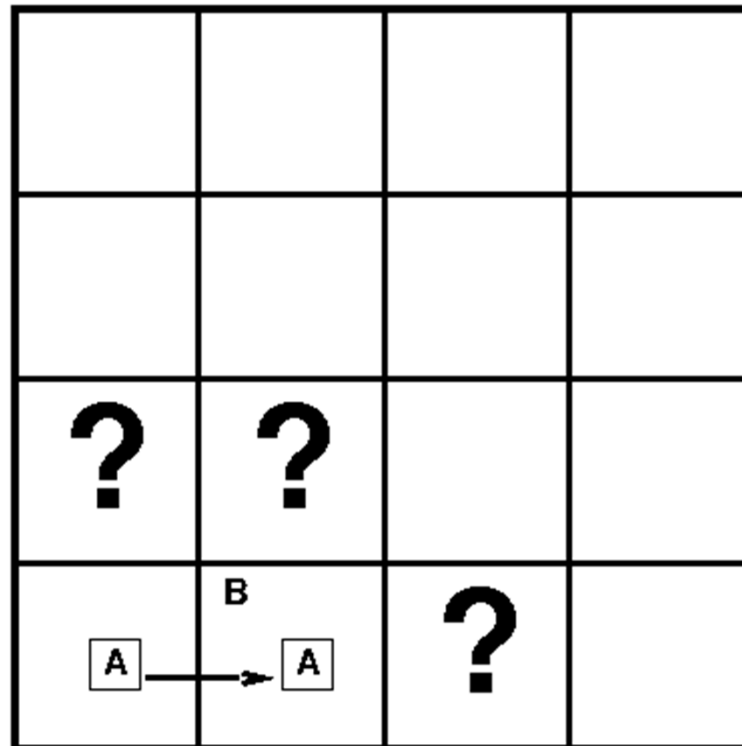
α را از روی KB نتیجه گرفت می‌نویسیم:

$KB \vdash_i \alpha$



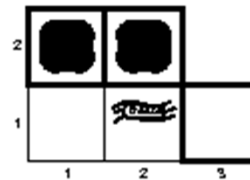
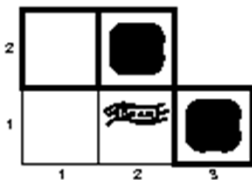
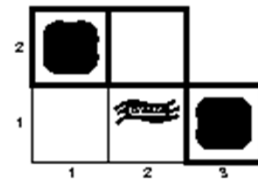
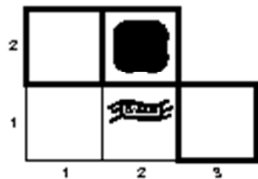
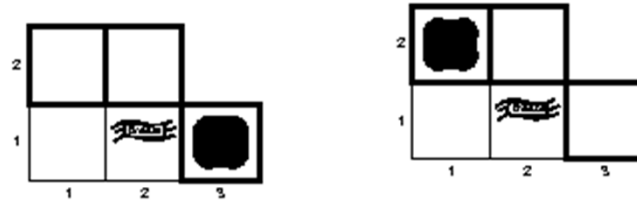
استدلال منطقی

- استدلال در دنیای دیو برای تعیین محل چاهها
- ادراک نسیم در خانه [۱، ۲]
- ۸ حالت ممکن برای قرارگیری چاهها در سه خانه مجاور



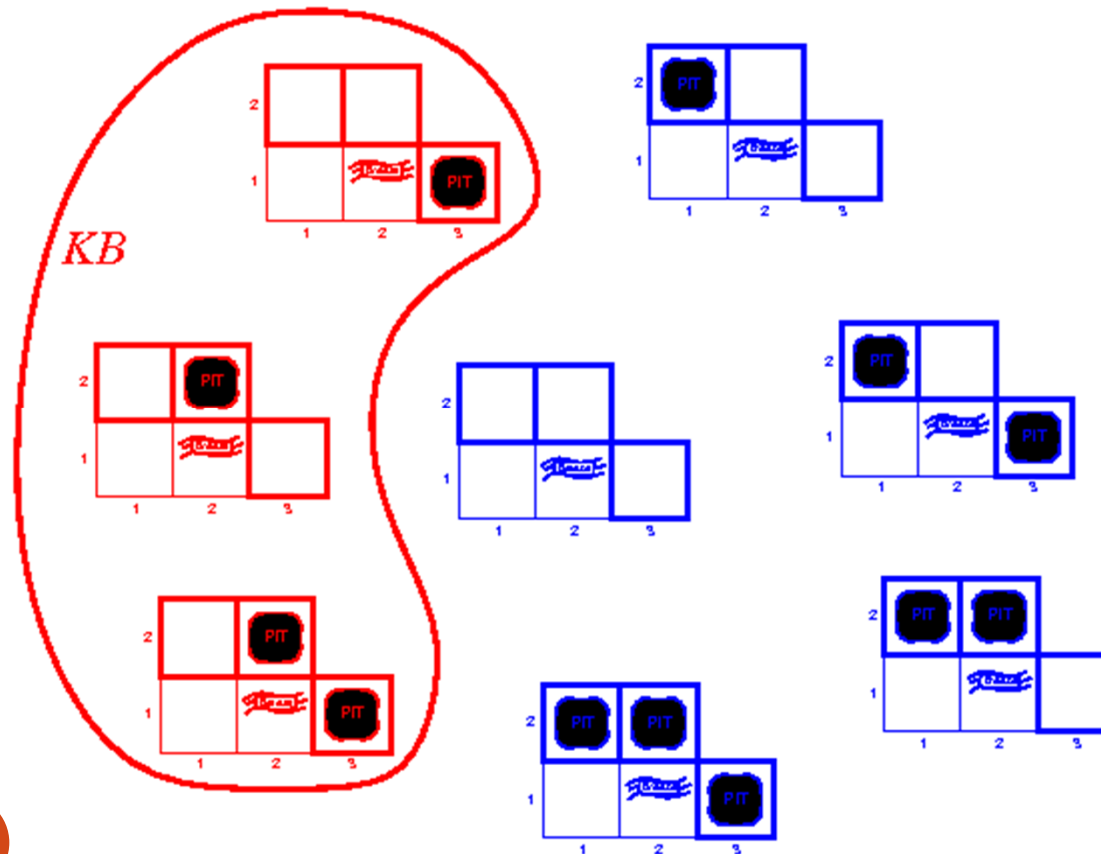
استدلال منطقی

• استدلال در دنیای دیو برای تعیین محل چاهها



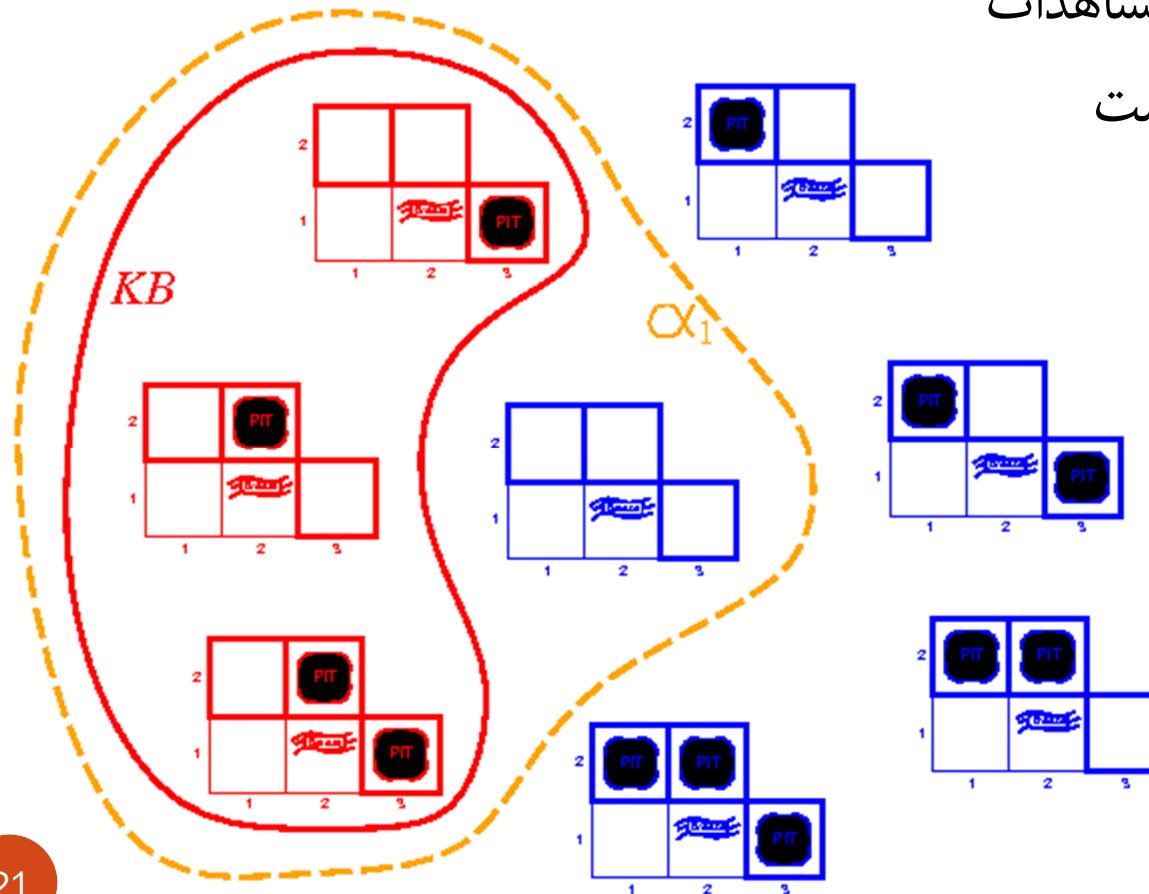
استدلال منطقی

- استدلال در دنیای دیو برای تعیین محل چاهها
- KB: قوانین محیط + مشاهدات



استدلال منطقی

- استدلال در دنیای دیو برای تعیین محل چاهها
- KB: قوانین محیط + مشاهدات
- α_1 : خانه [۲، ۱] امن است

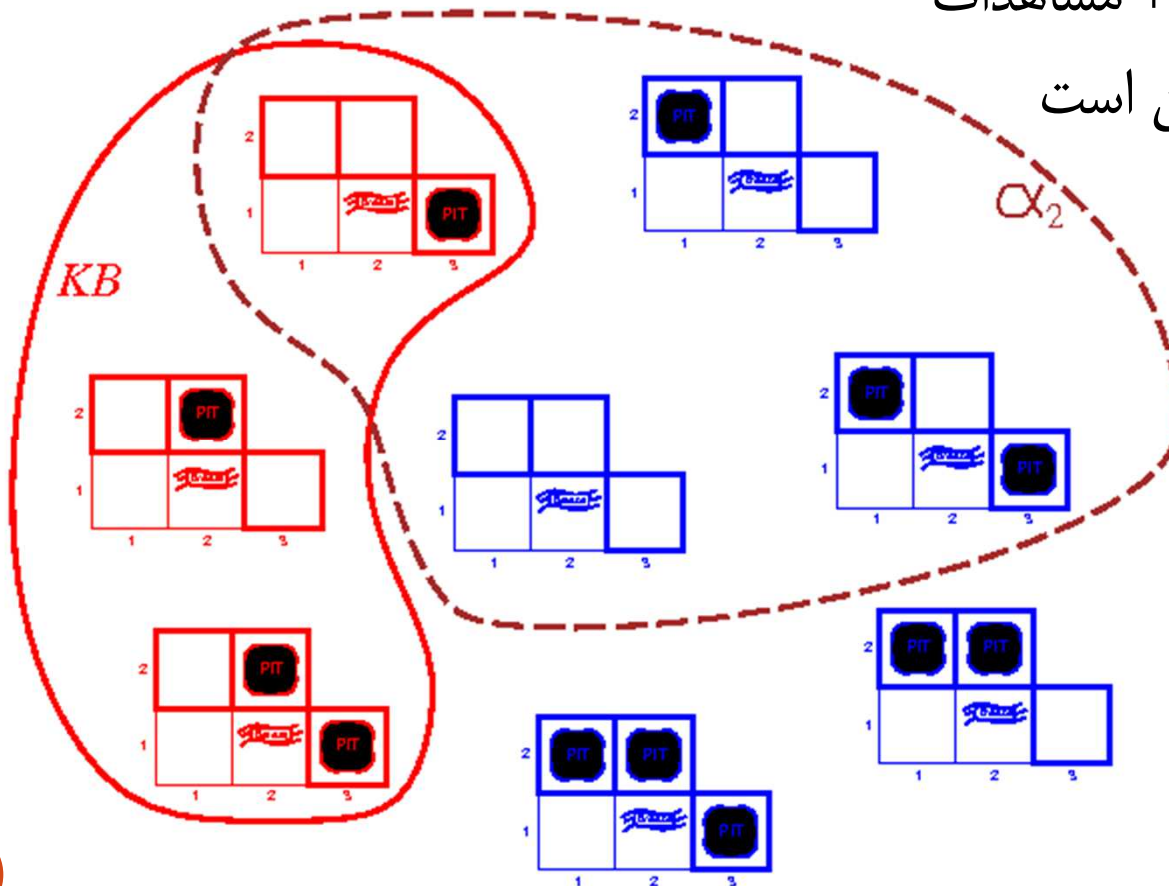


استدلال منطقی

• استدلال در دنیای دیو برای تعیین محل چاهها

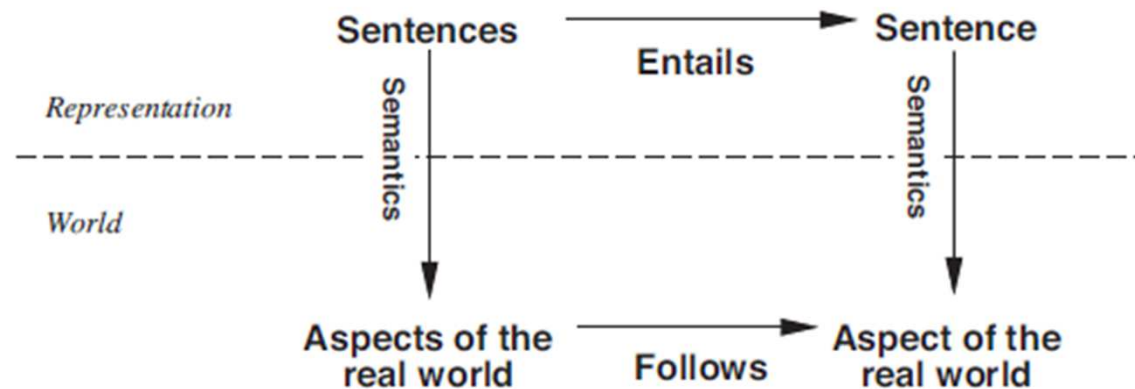
• KB: قوانین محیط + مشاهدات

• α_2 : خانه [۲، ۲] امن است



استدلال منطقی

- ویژگی‌های یک الگوریتم استنتاج بی‌عیبی (soundness): اگر الگوریتم فقط جملات ملتزم (entailed) تولید کند
- ویژگی اساسی استدلال منطقی: اگر KB در یک مدل صحیح باشد، هر جمله‌ای که توسط یک الگوریتم استنتاج بی‌عیب از روی KB بدست آمده باشد نیز در آن مدل صحیح است.
- کمال (completeness): اگر الگوریتم بتواند تمام جملات ملتزم را تولید کند



منطق گزاره‌ای

• نحوه ترکیب (syntax)

$Sentence \rightarrow AtomicSentence \mid ComplexSentence$
 $AtomicSentence \rightarrow True \mid False \mid P \mid Q \mid R \mid \dots$
 $ComplexSentence \rightarrow (Sentence) \mid [Sentence]$
| $\neg Sentence$
| $Sentence \wedge Sentence$
| $Sentence \vee Sentence$
| $Sentence \Rightarrow Sentence$
| $Sentence \Leftrightarrow Sentence$

OPERATOR PRECEDENCE : $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$

منطق گزاره‌ای

• معنا (semantics)

• اختصاص مقادیر صحیح (true) یا غلط (false) به نمادها (symbols) در هر مدل

• تعیین صحت جملات پیچیده (complex sentences) بصورت بازگشتی

• نحوه تعیین صحت برای حروف ربط

P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \Rightarrow Q$	$P \Leftrightarrow Q$
false	false	true	false	false	true	true
false	true	true	false	true	true	false
true	false	false	false	true	false	false
true	true	false	true	true	true	true

• استفاده از جداول صحت (truth tables) برای برشمردن (enumeration) تمام مدل‌های ممکن

منطق گزاره‌ای

● مثال: دنیای دیو

● برخی نمادها

● $P_{x,y}$: صحیح است اگر در خانه $[y, x]$ چاه وجود داشته باشد

● $W_{x,y}$: صحیح است اگر در خانه $[y, x]$ دیو وجود داشته باشد

● $B_{x,y}$: صحیح است اگر در خانه $[y, x]$ نسیم احساس شود

● $S_{x,y}$: صحیح است اگر در خانه $[y, x]$ بوی بد احساس شود

● نمونه جملات KB

● $\neg P_{1,1}$

● $B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$

● برخی ادراک‌ها

● $\neg B_{1,1}$

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- الگوریتم بررسی مدل (model checking)

function TT-ENTAILS?(KB, α) **returns** *true* or *false*

inputs: KB , the knowledge base, a sentence in propositional logic
 α , the query, a sentence in propositional logic

$symbols \leftarrow$ a list of the proposition symbols in KB and α

return TT-CHECK-ALL($KB, \alpha, symbols, \{ \}$)

function TT-CHECK-ALL($KB, \alpha, symbols, model$) **returns** *true* or *false*

if EMPTY?($symbols$) **then**

if PL-TRUE?($KB, model$) **then return** PL-TRUE?($\alpha, model$)

else return *true* // when KB is false, always return *true*

else do

$P \leftarrow$ FIRST($symbols$)

$rest \leftarrow$ REST($symbols$)

return (TT-CHECK-ALL($KB, \alpha, rest, model \cup \{P = true\}$)

and

 TT-CHECK-ALL($KB, \alpha, rest, model \cup \{P = false\}$))

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- الگوریتم بررسی مدل

- هدف: تصمیم‌گیری اینکه آیا جمله α از KB ملتزم می‌شود: $KB \models \alpha$
- برشمردن (enumeration) تمام مدل‌ها و بررسی صحت التزام در آنها
- یک الگوریتم بازگشتی (بصورت عمق اول) برای جستجو در یک فضای متناهی
- بی‌عیب است
- کامل است
- پیچیدگی زمانی: $O(2^n)$
- پیچیدگی فضایی: $O(n)$

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- اثبات تئوری (theorem proving)
- بررسی التزام یک جمله با بکارگیری قوانین استنتاج بر روی جملات KB بدون بررسی مدل‌ها
- مفاهیم مورد استفاده در اثبات جملات
- برابری منطقی (logical equivalence): دو جمله منطقیاً یکسان هستند اگر در مجموعه یکسانی از مدل‌ها صحیح باشند، یا دو جمله منطقیاً یکسان هستند اگر هر یک دیگری را ملتزم کند

$$\alpha \equiv \beta \text{ iff } \alpha \models \beta \wedge \beta \models \alpha$$

- اعتبار (validity): یک جمله معتبر است اگر در تمام مدل‌ها صحیح باشد
- جملات همیشه درست (tautologies)
- جملاتی که با جمله True منطقیاً یکسان هستند

استنتاج در منطق گزاره‌ای

• برابری‌های منطقی استاندارد

$$(\alpha \wedge \beta) \equiv (\beta \wedge \alpha) \quad \text{commutativity of } \wedge$$

$$(\alpha \vee \beta) \equiv (\beta \vee \alpha) \quad \text{commutativity of } \vee$$

$$((\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma) \equiv (\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma)) \quad \text{associativity of } \wedge$$

$$((\alpha \vee \beta) \vee \gamma) \equiv (\alpha \vee (\beta \vee \gamma)) \quad \text{associativity of } \vee$$

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

$$(\alpha \Rightarrow \beta) \equiv (\neg\beta \Rightarrow \neg\alpha) \quad \text{contraposition}$$

$$(\alpha \Rightarrow \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \beta) \quad \text{implication elimination}$$

$$(\alpha \Leftrightarrow \beta) \equiv ((\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)) \quad \text{biconditional elimination}$$

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

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

$$(\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) \equiv ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma)) \quad \text{distributivity of } \wedge \text{ over } \vee$$

$$(\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) \equiv ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma)) \quad \text{distributivity of } \vee \text{ over } \wedge$$

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- مفاهیم مورد استفاده در اثبات جملات (ادامه)
- تئوری استنباط (deduction theory): برای هر دو جمله α و β ، التزام $\alpha \models \beta$ صحیح است اگر و فقط اگر جمله $(\alpha \Rightarrow \beta)$ معتبر باشد
- ارضاءپذیری (satisfiability): جمله‌ای ارضاءپذیر است که در حداقل یک مدل صحیح باشد
- مسأله ارضاءپذیری (SAT) جملات منطقی یک مسأله معروف و NP-complete است
- التزام $\alpha \models \beta$ صحیح است اگر و فقط اگر جمله $\alpha \wedge \neg \beta$ ارضاءپذیر نباشد (برهان خلف)
- ارتباط ارضاءپذیری و اعتبار
- یک جمله معتبر است اگر و فقط اگر نفی آن ارضاءپذیر نباشد
- یک جمله ارضاءپذیر است اگر و فقط اگر نفی آن معتبر نباشد

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- مفاهیم مورد استفاده در اثبات جملات (ادامه)
- یکنواختی (monotonicity): یک سیستم منطقی یکنواخت است اگر اضافه کردن جملات جدید به KB فقط باعث افزایش مجموعه جملات ملتزم شود

$$KB \models \alpha \rightarrow (KB \wedge \beta) \models \alpha$$

- صحت نتایجی که فقط بر اساس بخشی از KB بدست آمده را تضمین می‌کند
- عبارت (clause): یک ترکیب فصلی از لفظها (literals) مانند $\alpha \vee \beta \vee \gamma$
- شکل نرمال عطفی (conjunctive normal form – CNF): جمله‌ای که فقط

$CNFSentence \rightarrow Clause_1 \wedge \dots \wedge Clause_n$ بصورت عطف عبارات باشد

$Clause \rightarrow Literal_1 \vee \dots \vee Literal_m$ هر جمله‌ای در منطق گزاره‌ای دارای یک

$Literal \rightarrow Symbol \mid \neg Symbol$ معادل CNF منطقیاً یکسان با آن است

$Symbol \rightarrow P \mid Q \mid R \mid \dots$ نحوه تبدیل جملات به معادل CNF آنها

استنتاج در منطق گزاره‌ای

● قوانین مورد استفاده در اثبات جملات

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

● شیوه تصدیق (Modus Ponens):

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

● حذف عطف (and elimination):

● بکارگیری برابری‌های منطقی استاندارد به عنوان قوانین استنتاج

● بکارگیری الگوریتم‌های جستجو برای پیدا کردن دنباله‌ای از قوانین که

اثبات مورد نظر را تشکیل دهد

● از بررسی مدل کارا تر است چون از گزاره‌های نامرتبب صرف نظر می‌کند

● چون قوانین بکارگرفته شده بی‌عیب هستند نتایج بدست آمده در صورت صحت

KB صحیح هستند اما الگوریتم جستجو می‌تواند کامل نباشد

استنتاج در منطق گزاره‌ای

• قانون رفع (resolution)

• فقط به عبارات اعمال می‌شود

• رفع تک‌ی: اگر m و l_i مکمل یکدیگر باشند

• رفع کلی: اگر m_j و l_i مکمل یکدیگر باشند

$$\frac{l_1 \vee \dots \vee l_k, \quad m}{l_1 \vee \dots \vee l_{i-1} \vee l_{i+1} \vee \dots \vee l_k}$$

$$\frac{l_1 \vee \dots \vee l_k, \quad m_1 \vee \dots \vee m_n}{l_1 \vee \dots \vee l_{i-1} \vee l_{i+1} \vee \dots \vee l_k \vee m_1 \vee \dots \vee m_{j-1} \vee m_{j+1} \vee \dots \vee m_n}$$

• پس از اعمال قانون رفع، عبارت بدست آمده باید ساده‌سازی شود تا از هر نماد

فقط یک نسخه (چه خودش چه نفی‌اش) در عبارت باشد

• این قانون بی‌عیب است و الگوریتم استنتاج استفاده کننده از آن کامل است

• برای هر دو جمله α و β می‌تواند در مورد التزام $\alpha \models \beta$ تصمیم‌گیری کند

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- الگوریتم رفع

- از برهان خلف برای بررسی یک التزام استفاده می‌کند

- هدف رسیدن به یک عبارت تهی با اعمال مکرر قانون رفع است

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 $KB \wedge \neg\alpha$

$new \leftarrow \{ \}$

loop 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*

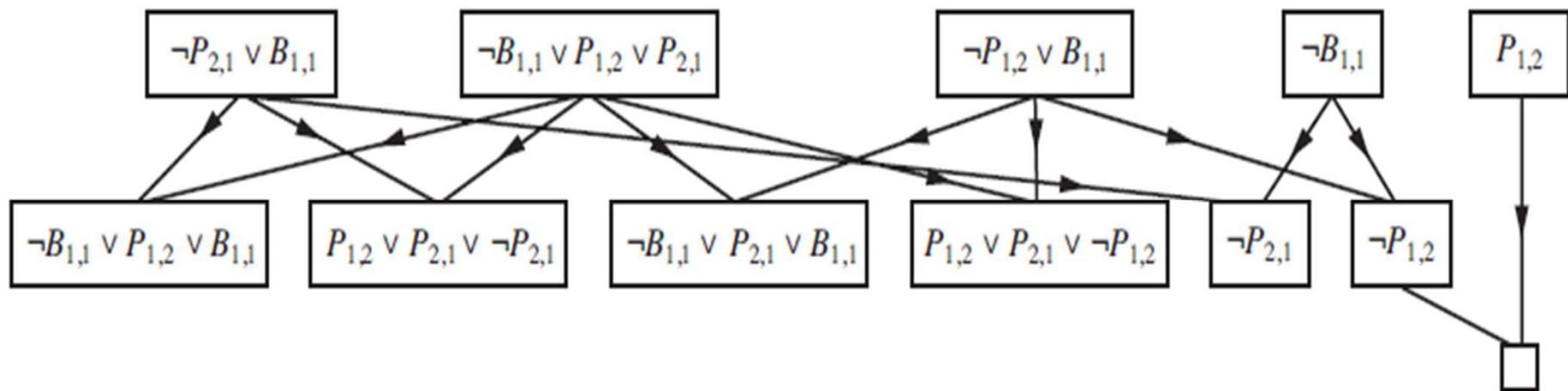
$new \leftarrow new \cup resolvents$

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

$clauses \leftarrow clauses \cup new$

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- مثال: تصمیم‌گیری در مورد وجود چاه در خانه [۱، ۲] در دنیای دیو
- KB عبارتست از: $(B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge \neg B_{1,1}$
- α عبارتست از: $\neg P_{1,2}$



استنتاج در منطق گزاره‌ای

- اثبات جملات با گونه‌های محدودشده از عبارات
- عبارت معین (definite): عبارتی که دقیقاً شامل یک لفظ مثبت (fact) باشد
- عبارت هدف (goal): عبارتی که شامل هیچ لفظ مثبتی نباشد
- عبارت شاخ (horn): عبارتی که حداکثر شامل یک لفظ مثبت باشد
- عبارات شاخ را می‌توان با استفاده از حرف ربط دلالت (implication) نمایش داد

$$\text{Symbol} \rightarrow P \mid Q \mid R \mid \dots$$

$$\text{HornClauseForm} \rightarrow \text{DefiniteClauseForm} \mid \text{GoalClauseForm}$$

$$\text{DefiniteClauseForm} \rightarrow (\text{Symbol}_1 \wedge \dots \wedge \text{Symbol}_n) \Rightarrow \text{Symbol}$$

$$\text{GoalClauseForm} \rightarrow (\text{Symbol}_1 \wedge \dots \wedge \text{Symbol}_n) \Rightarrow \text{False}$$

- امکان استفاده از الگوریتم‌های زنجیربندی جلورو (forward chaining) و زنجیربندی عقب‌رو (backward chaining) برای استنتاج
- مورد استفاده در زبان برنامه‌نویسی منطق (prolog)

استنتاج در منطق گزاره‌ای

• زنجیربندی جلورو

- بکارگیری مداوم قانون شیوه تصدیق و اضافه کردن قسمت نتیجه جملاتی که تمام پیش شرط‌هایشان ارضاء شده باشند تا رسیدن به جمله پرسش

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*

استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

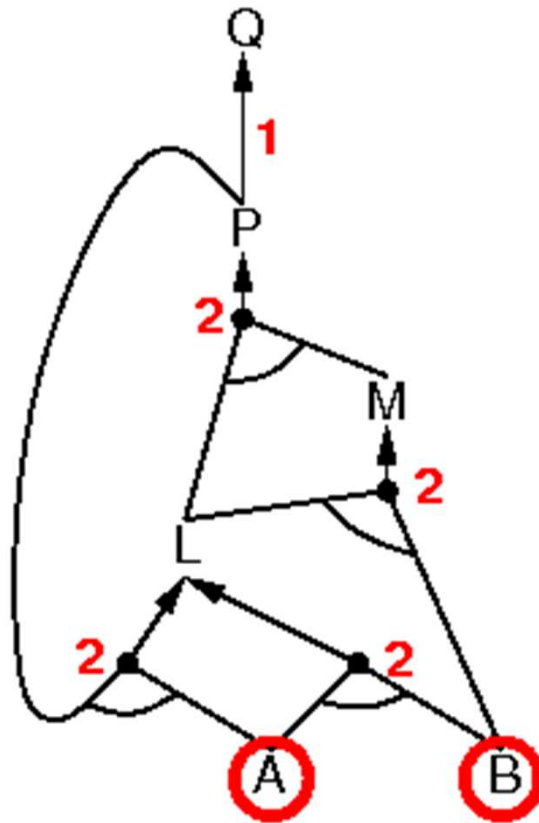
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

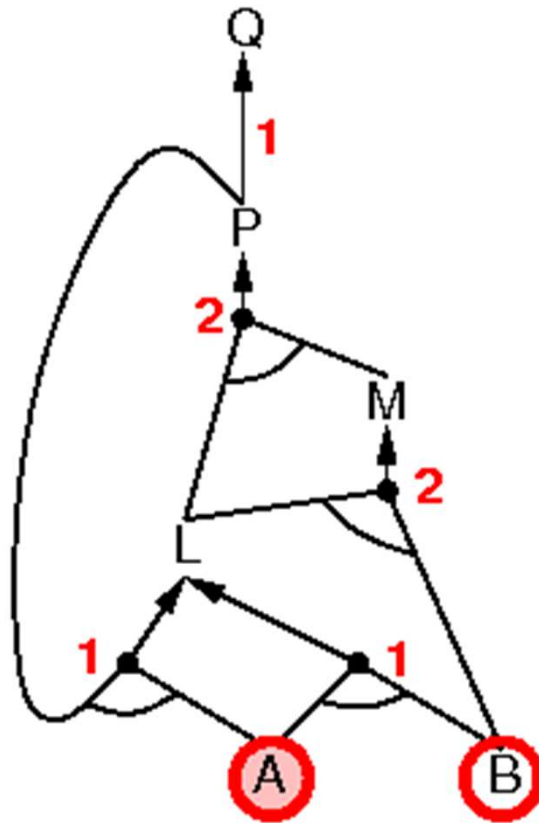
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

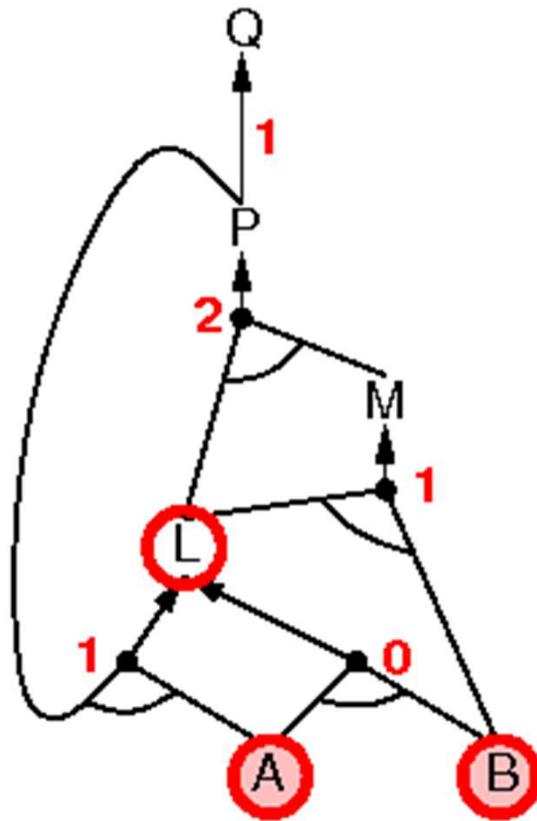
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

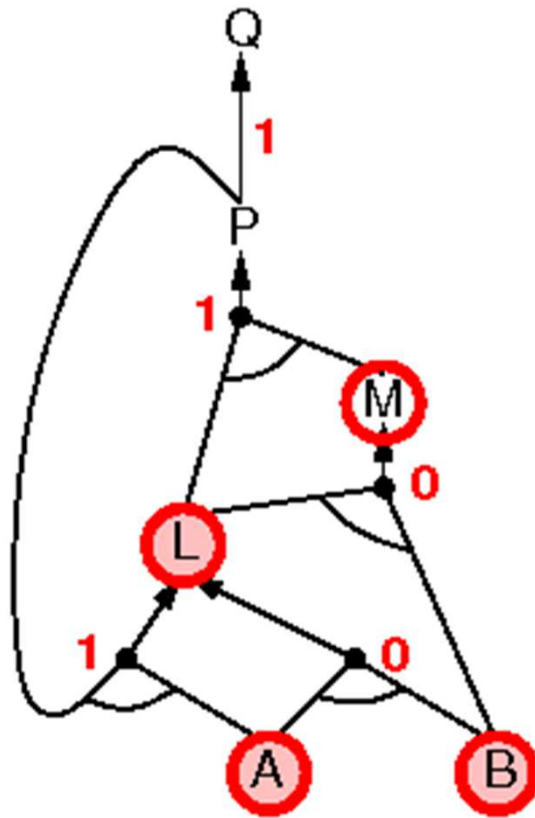
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

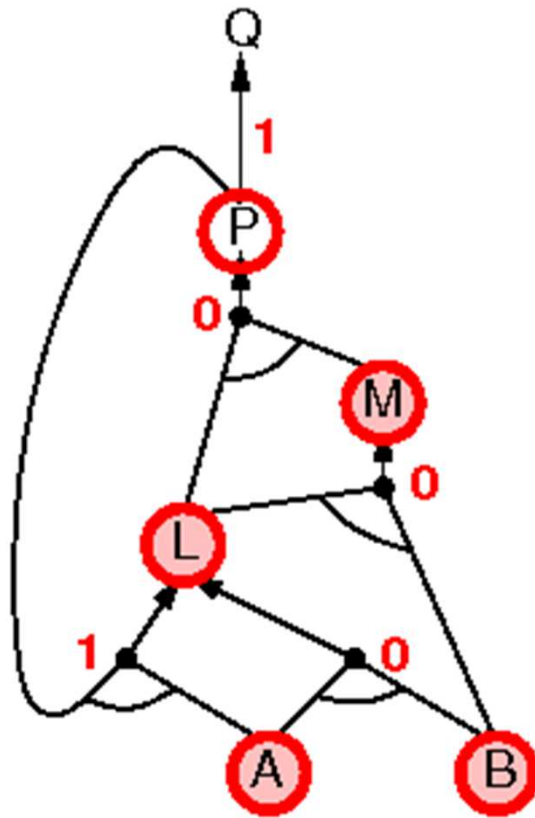
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

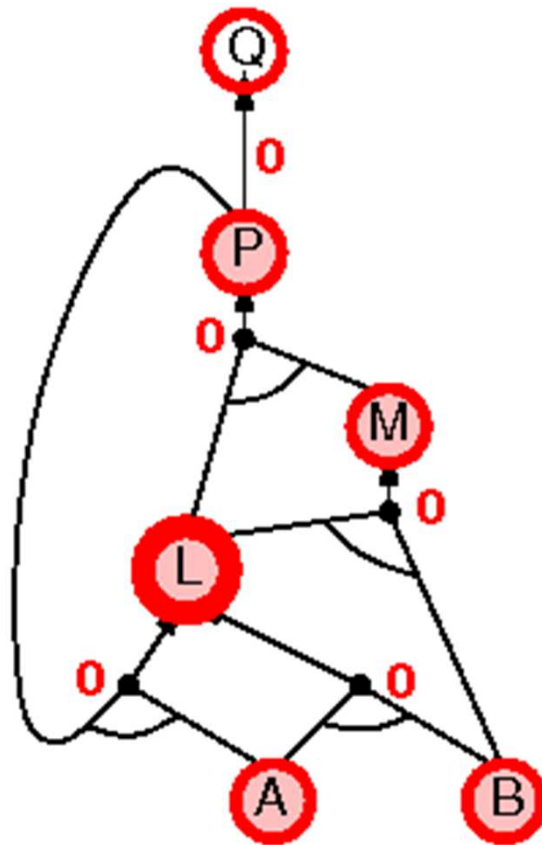
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی جلورو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

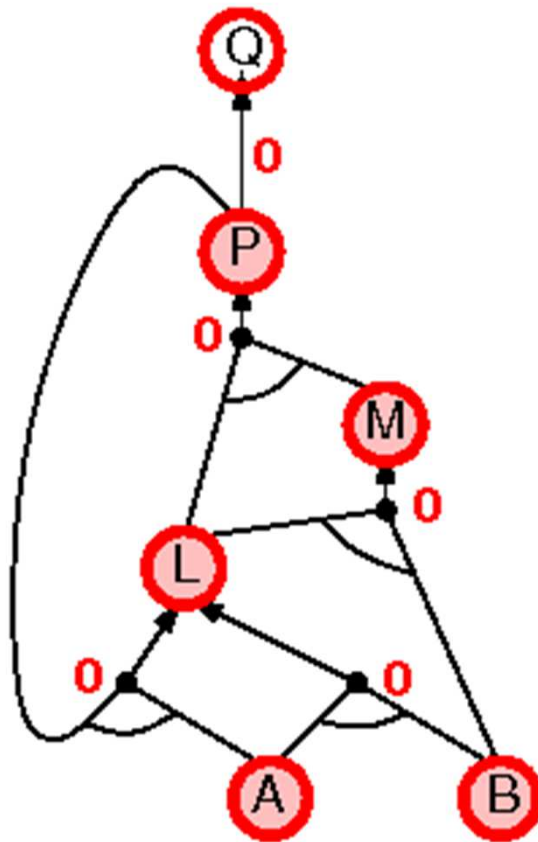
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

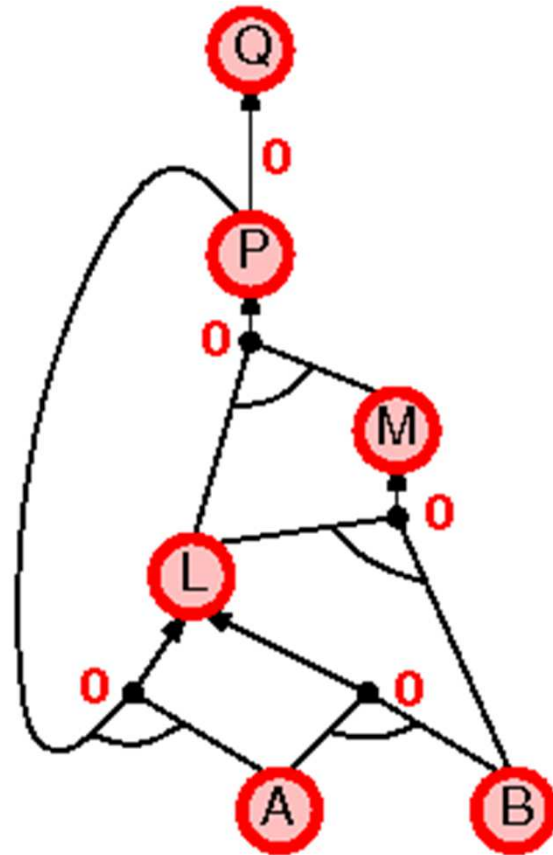
A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

- مثال زنجیره‌بندی جلورو
- KB شامل:



$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- زنجیربندی جلورو (ادامه)

- بی‌عیب است

- کامل است

- دارای زمان خطی نسبت به اندازه KB است

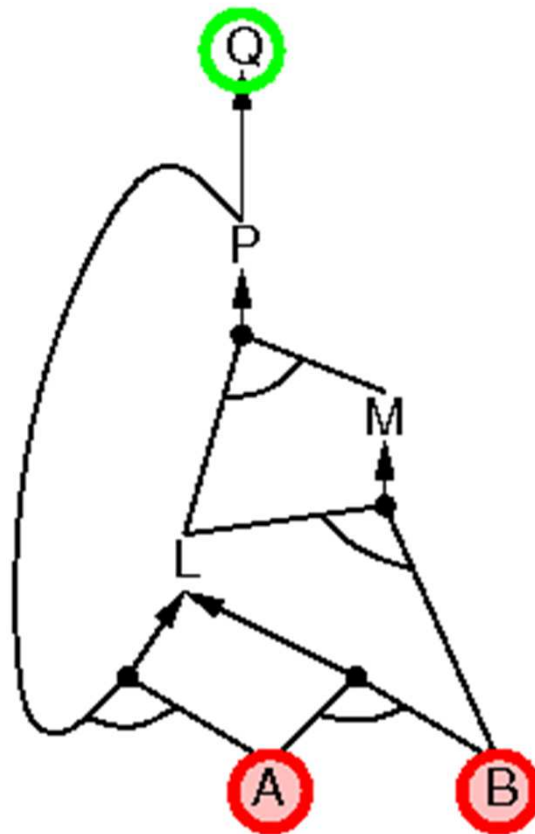
- نمونه‌ای از استدلال مبتنی بر داده‌ها (data-driven) است

- زنجیربندی عقب‌رو

- با شروع از لفظ جمله پرسش، تمام جملاتی که لفظ پرسش در قسمت نتیجه آنها است را بررسی و در صورت امکان پیش‌شرط‌های آنها را به عنوان پرسش جدید اضافه می‌کند تا به حقایق اولیه برسد

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو
- KB شامل:



$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

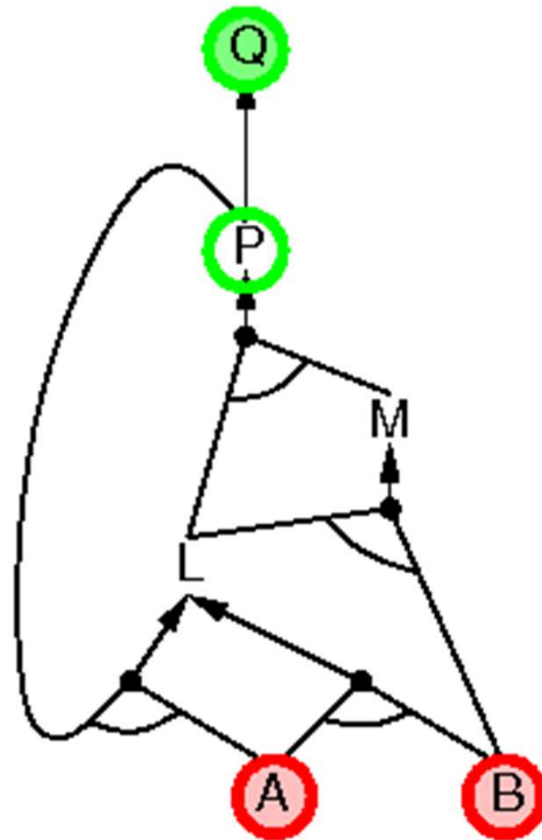
$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B

استنتاج در منطق گزاره‌ای

- مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو
- KB شامل:



$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B

استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

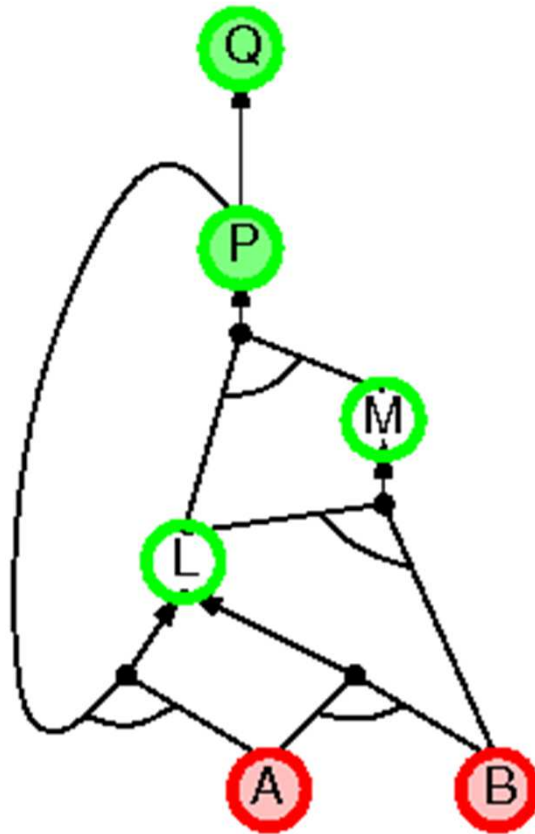
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

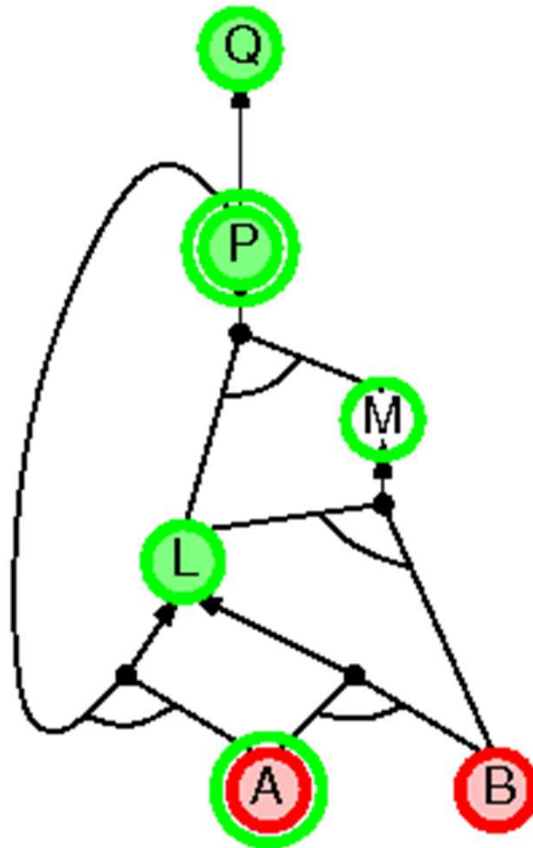
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

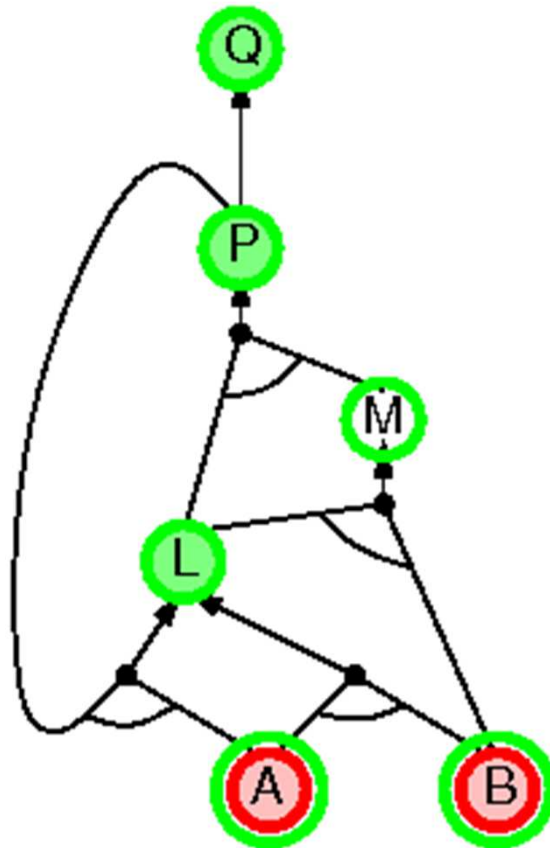
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

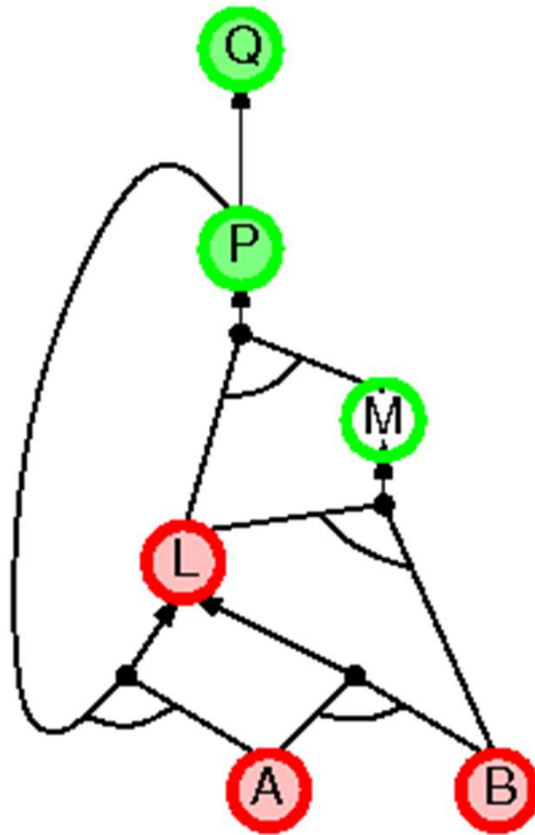
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

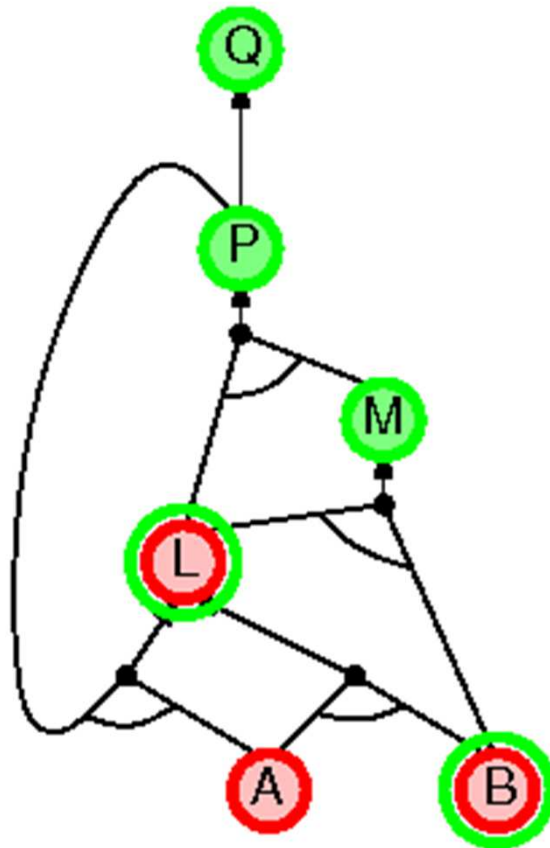
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

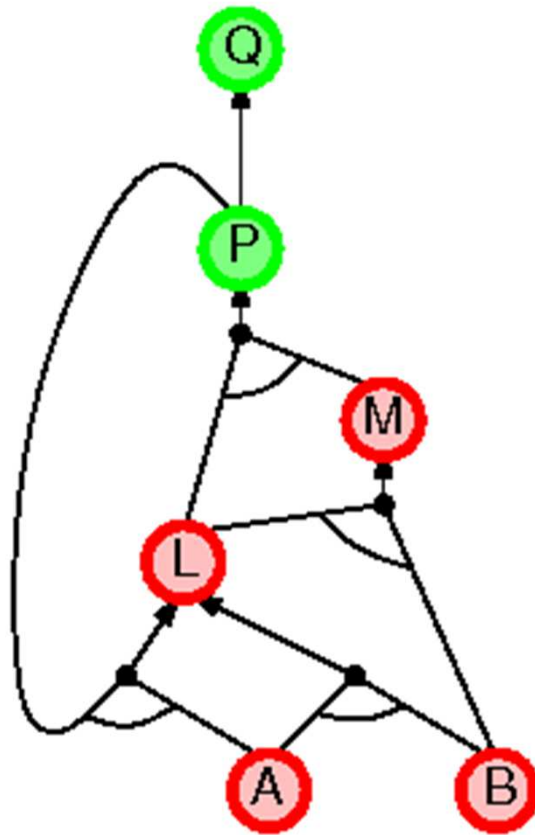
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

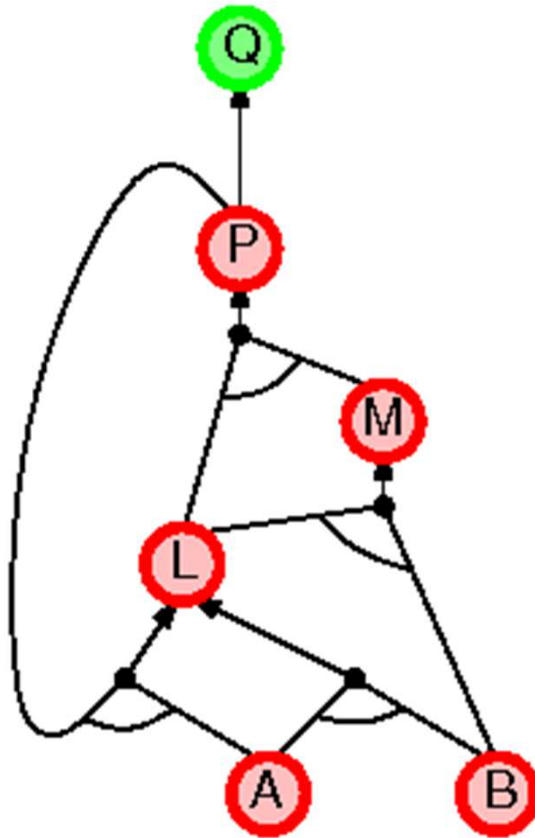
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

• مثال زنجیره‌بندی عقب‌رو

• KB شامل:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

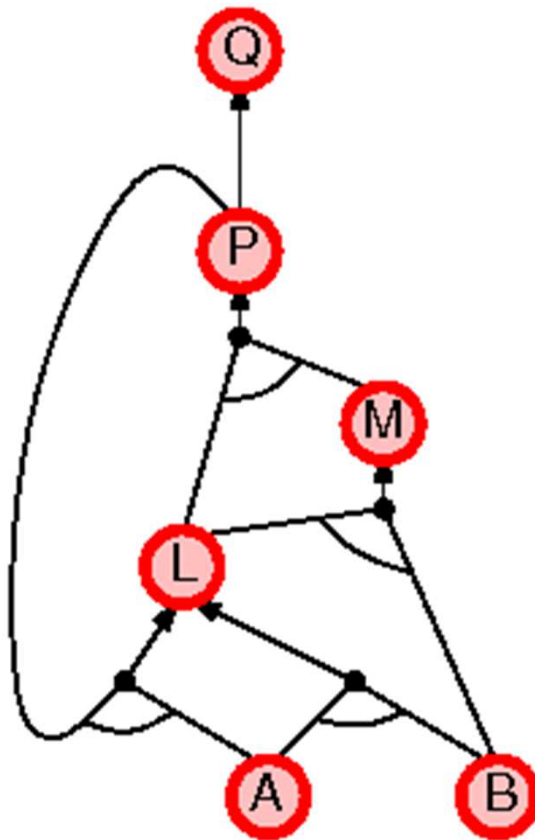
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



استنتاج در منطق گزاره‌ای

- زنجیربندی عقب‌رو (ادامه)
- بی‌عیب و کامل است
- دارای زمان خطی نسبت به اندازه KB است
- نمونه‌ای از استدلال مبتنی بر هدف (goal-directed) است
- روش‌ها: کارا تر برای استنتاج بر اساس الگوریتم بررسی مدل
- الگوریتم DPLL: از جستجوی عقب‌گردی (backtracking) و برخی توابع اکتشاف برای بهبود عملکرد استفاده می‌کند
- جستجوی موضعی: در فضای مدل‌های کامل (تمام نمادها مقداردهی شده‌اند) به جستجو می‌پردازد ← مسأله SAT
- الگوریتم WalkSAT

عوامل‌های مبتنی بر منطق گزاره‌ای

- KB شامل موارد زیر خواهد بود
 - اصول: دانش کلی در مورد محیط
 - معمولاً با زمان تغییر نمی‌کند
 - ادراک‌ها: تجربه‌های عامل در طول زمان
 - کنش‌ها
 - معمولاً وابسته به زمان
- انواع نمادها
 - نمادهایی که وابسته به زمان هستند (fluent)
 - نمادهایی که در طول زمان تغییر نمی‌کنند (atemporal)

عوامل‌های مبتنی بر منطق گزاره‌ای

• مثال دنیای دیو

• قوانین حاکم به دنیا

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

$$S_{1,1} \Leftrightarrow (W_{1,2} \vee W_{2,1})$$

...

$$W_{1,1} \vee W_{1,2} \vee \dots \vee W_{4,3} \vee W_{4,4}$$

$$\neg W_{1,1} \vee \neg W_{1,2}$$

$$\neg W_{1,1} \vee \neg W_{1,3}$$

...

$$\neg W_{4,3} \vee \neg W_{4,4}$$

Stench^t *Breeze*^t

• ادراک‌ها:

Shoot^t *Forward*⁰

• کنش‌ها:

عامل‌های مبتنی بر منطق گزاره‌ای

- نمایش جملات پشتیبانی کننده مدل انتقال
- اصول تأثیر (effect axioms): نتیجه اجرای یک کنش در واحد زمانی بعدی را مشخص می کند
$$L_{1,1}^0 \wedge FacingEast^0 \wedge Forward^0 \Rightarrow (L_{2,1}^1 \wedge \neg L_{1,1}^1)$$
- اصول حالت بعدی (successor-state): نحوه‌ی تغییر جنبه‌های متغیر محیط در طول زمان را مشخص می کند
$$F^{t+1} \Leftrightarrow ActionCausesF^t \vee (F^t \wedge \neg ActionCausesNotF^t)$$
- اصول پیش شرط (precondition): برای اطمینان از ارضاء شدن پیش شرطها قبل از اجرای کنشها
$$Shoot^t \Rightarrow HaveArrow^t$$
- اصول استثناء کنش (action exclusion): برای جلوگیری از اجرای همزمان چند کنش
$$\neg A_i^t \vee \neg A_j^t$$

جمع‌بندی

- عامل‌های مبتنی بر دانش
- شامل پایگاه دانش و روش‌های استنتاج
- نحوه نمایش پایگاه دانش با زبان منطق
- استنتاج به کمک رابطه التزام
- معادل آن به صورت یک مسأله ارضاء‌پذیری
- نحوه نمایش و استنتاج در منطق گزاره‌ای
- قوانین استنتاج
- نحوه نمایش دانش با منطق گزاره‌ای در عامل‌های مبتنی بر دانش