

## هوش مصنوعی

درس دهم (بخش اول) – عامل‌های منطقی

سید کاوه احمدی

### هوش نمادگرایانه

- متکی بر قوانین عام حاکم بر دنیایی که در مورد آن صحبت می‌کنیم.
- قوانین عام داخل دامنه مسئله باید توسط یک زبانی بیان شود
- استفاده از استنتاج برای رسیدن به یکسری نتایج جدید
- زبان مورد استفاده در هوش مصنوعی منطقی است
- سیستم خبره

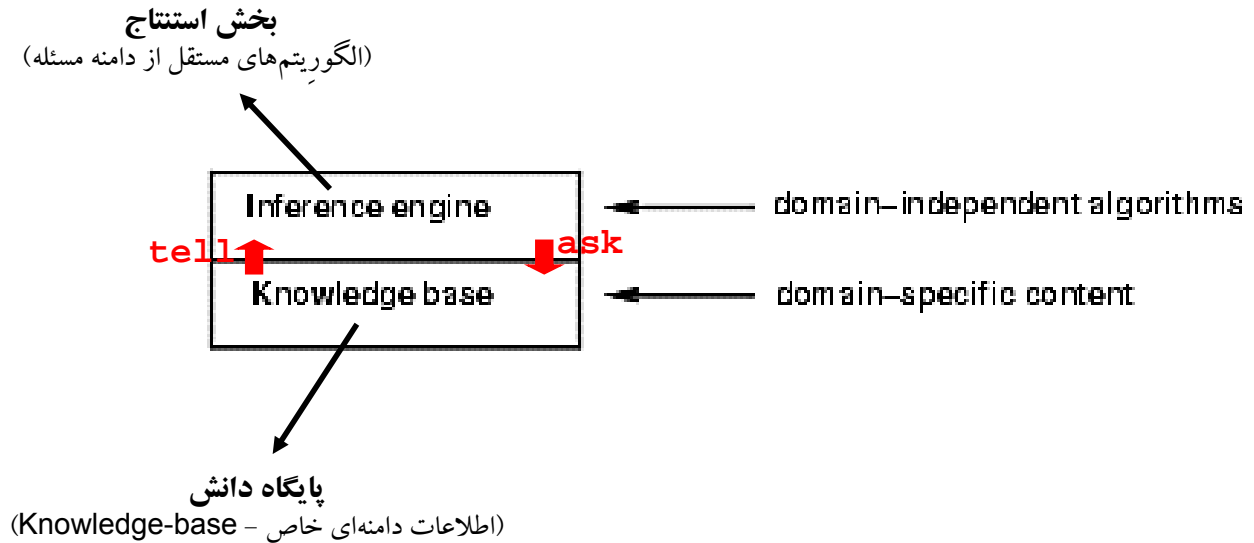
## عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)

- عاملی که از دانش پیشین یا دانش به دست آمده برای رسیدن به هدف استفاده کند.
  - با استفاده از دانش اش تصمیمات کارا تر و آگاهانه تری می گیرد.
- مولفه اصلی عامل مبتنی بر دانش، پایگاه دانش (Knowledge-base) آن است.
  - پایگاه دانش (KB): حاوی مجموعه ی بازنمایی شده ی حقایق (Facts) در مورد دنیای پیرامون عامل
  - هر عنصر این مجموعه یک جمله نام دارد (Sentences).
  - زبانی که جملات پایگاه دانش در آن بیان می شود، زبان بازنمایی دانش ( Knowledge Representation Language) نامیده می شود.

## عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)

- زمانی که سوالی از پایگاه دانش ASK می شود، پاسخ باید از آن چیزی که قبلا به پایگاه دانش TELL شده ناشی شود.
  - این تنها وظیفه پایگاه دانش نیست. عامل باید بتواند حقایق جدیدی را بر اساس حقایق TELL شده به آن استنتاج نماید.
  - چگونه جملات جدید به پایگاه داده اضافه کنیم؟
  - چگونه چیزهای شناخته شده توسط عامل را مورد پرسش قرار دهیم؟

# عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)



$$KB = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$$

منطقا KB برابر است با:  $\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \dots \wedge \alpha_m$

# عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)

**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*

■ هرگاه برنامه عامل فراخوانی می‌شود سه کار انجام می‌دهد:

– به پایگاه دانش می‌گوید چه چیزی دریافت کرده است (Tell).

– از پایگاه دانش می‌پرسد چه کاری باید انجام دهد (Ask).

– عمل را اجرا و نتیجه را ذخیره می‌کند (Tell).

■ برای اضافه کردن جملات به پایگاه دانش و درخواست دانسته‌ها ASK و TELL هر دو ممکن است

شامل استنتاج باشند.

## عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)

- استدلال (Reasoning): جهت استفاده از اطلاعات ذخیره شده در پاسخگویی به سوالات و کسب نتایج جدید.
- انعطاف پذیری (Flexibility): عامل باید بتواند با استفاده از اطلاعات موجود و نتایج کسب شده از محیط به هدف برسد و از طریق به روز رسانی دانش، خود را با تغییرات محیط وفق دهد.

## عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)

- یک عامل مبتنی بر دانش را می‌توان در ۳ سطح توصیف کرد:
  - سطح دانش (معرفت - epistemological level):
    - آنچه عامل می‌داند.
    - عامل راننده می‌داند که تونل نیایش، اتوبان صدر را به اتوبان نیایش وصل می‌کند.
  - سطح منطقی (logical level):
    - در این سطح دانش به صورت جملاتی کد می‌شود.
  - Links (NiayeshTunnel, SadrHighway, NiayeshHighway )
  - سطح عملیاتی (پیاده‌سازی - implementation level):
    - در این سطح عامل روی بستر معماری‌اش اجرا می‌شود.
    - چگونه؟ یک مثال بزنید!

# عامل مبتنی بر دانش (Knowledge-based Agent)

▪ ساخت عامل مبتنی بر دانش به دو صورت:

– اعلانی (Declarative):

- در برابر برنامه‌نویسی رویه‌ای مرسوم
- با اضافه کردن یک به یک جملاتی که دانش طراح را از محیط پیرامون عامل نشان می‌دهد.
- بیان اعلانی: بگو (Tell) چیزی که لازم است بداند
- سیستم خبره

– یادگیری (Learning):

- مکانیزمی که بر اساس یک سری ادراکات اخذ شده از محیط، دانش تولید می‌کند.
- عامل کاملاً خودمختار

## Example logic program

```
chicago → windy
edinburgh → windy
edinburgh → scotland
scotland → rainy
windy ^ rainy → insideOutUmbrella

edinburgh
```

# Try this in Sicstus Prolog

Program:

```
windy :- chicago.
windy :- edinburgh.
scotland :- edinburgh.
rainy :- scotland.
insideOutUmbrella :- windy, rainy.
edinburgh.
```

Query:

```
| ?- insideOutUmbrella.
```

## دنیای WUMPUS

### محیط (Environment):

WUMPUS بوی تعفن در مربع‌های همجوار

نسیم در مربع‌های همجوار گودال

درخشش در مربع حاوی طلا

کشته شدن WUMPUS با شلیک در صورت مقابله

فقط یک تیر دارد

عملگرها (Actuators): گردش به چپ، گردش به راست، جلو

رفتن، برداشتن، شلیک کردن

حسگرها (Sensors): بوی تعفن، نسیم، تابش، ضربه به دیوار، جیغ

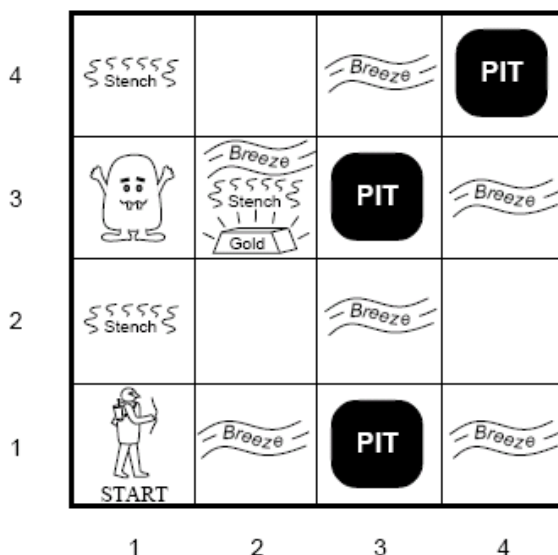
زدن

مشاهدات (Percepts): به صورت یک لیست ۵ تایی

{بو، نسیم، تابش، ضربه در دیوار، جیغ}

معیار کارایی (Performance): +۱۰۰۰ انتخاب طلا، -۱۰۰۰

افتادن در گودال یا خورده شدن، -۱ هر مرحله، -۱۰ برای استفاده از تیر



## توصیف دنیای WUMPUS

- قابل مشاهده کامل: خیر، فقط ادراک محلی
- قطعی: بله، نتیجه دقیقا مشخص است
- رویدادی: خیر، ترتیبی از فعالیت‌هاست
- ایستا: بله، WUMPUS و گودال‌ها حرکت ندارند
- گسسته: بله، محیط با اعداد گسسته بیان می‌شود
- تک عامله: بله، WUMPUS در اصل یک خصوصیت طبیعی است

## کاوش در جهان WUMPUS

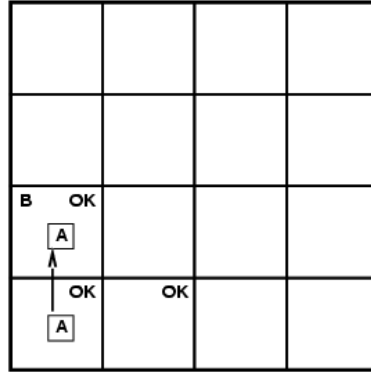
[1,1]: [none, none, none, none, none]: OK -> [1,2] OK, [2, 1] OK

OK			
OK	OK		

A = عامل  
B = نسیم  
G = درخشان، طلا  
OK = مربع امن  
P = گودال  
S = تعفن  
V = ملاقات شده  
W = Wumpus

# WUMPUS در جهان

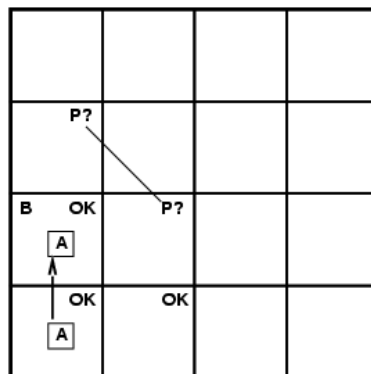
[1,2]: [none, none, none, yes, none]



- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus

# WUMPUS در جهان

[1,3]: P? OR [2, 2] P?

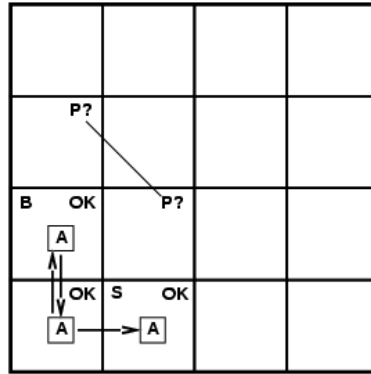


- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus



# WUMPUS در جهان

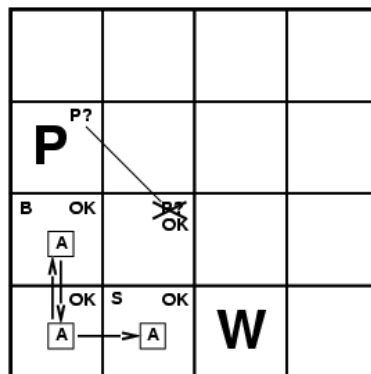
[2,1]: [none, none, none, none, yes]



- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus

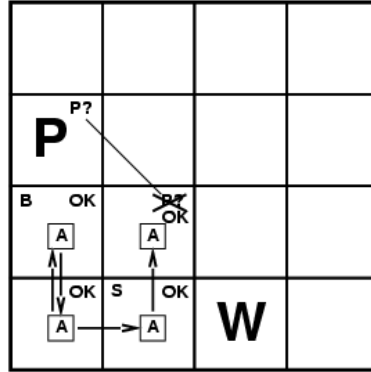
# WUMPUS در جهان

[2,1]: [none, none, none, none, yes] -> [2, 2] OK, [1,3] P, [3, 1] W



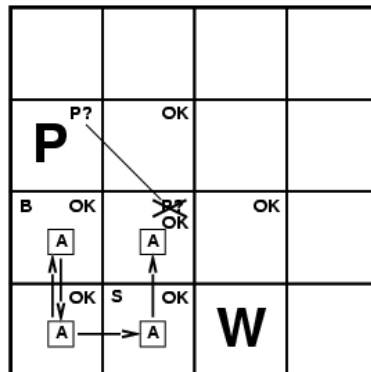
- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus

[2, 2]: [none, none, none, none, none]: OK

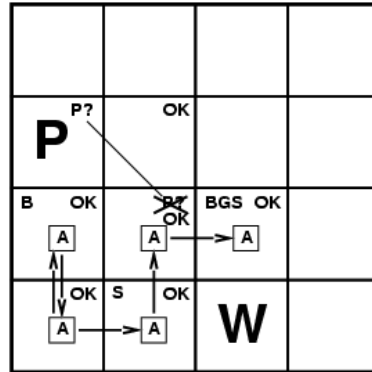


- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus

[2, 2]: [none, none, none, none, none]: OK -> [2, 3] OK, [3,2] OK



- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus



- A = عامل
- B = نسیم
- G = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P = گودال
- S = تعفن
- V = ملاقات شده
- W = Wumpus

## عامل دنیای WUMPUS

■ عامل چه خصوصیتی داشته باشد تا در این محیط خوب عمل کند؟

- عامل نیاز به یک پایگاه دانش دارد.
- بازنمایی دانش پیرامون دنیای خود: نسیم ← وجود غول
- ثبت دانش جدید حاصل از پیمایش/کشف دنیا: احساس نسیم در یک خانه از دنیا
- استنتاج اقدامات مناسب از اطلاعات قبلی (نیفتادن در چاله یا خورده نشدن و رسیدن به طلا)
- بازنمایی، استنتاج و منطق

## ■ بازنمایی دانش (Knowledge Representation):

– بیان دانش به فرم قابل استفاده برای کامپیوتر

## ■ در یک عامل منطقی:

– لغات (Lexical):

■ کلماتی که در جملات استفاده می‌شوند باید مفهوم مورد نظر را برسانند.

– نحو (Syntax):

■ توصیف سمبول‌هایی در یک زبان و چگونگی استفاده از آنها در کنار هم.

■ توصیف ترکیب‌بندی‌های ممکن برای ساخت جملات پایگاه دانش.

– معنانشناسی (Semantic):

■ اعطای معنا و مفهوم به جمله.

■ توصیف کننده دانش که جمله به آن اشاره دارد.

## استنتاج

## ■ استلزام (Entailment):

$$KB \models \alpha$$

پایگاه دانش KB جمله‌ی  $\alpha$  را نتیجه می‌دهد

اگر و فقط اگر

$\alpha$  در تمام جهان‌هایی که KB در آنها درست است، درست باشد.

■ نتیجه‌گیری جملات جدید از جملات قبلی بگونه‌ای که اگر جملات قدیم درست

(true) بودند، جملات جدید نیز الزاما درست باشند.

■ if x entails y, then if x is true y is true

## ▪ استلزام (Entailment):

– استلزام منطقی بین جملات این است که جمله‌ای به طور منطقی از جمله دیگر پیروی (Follow) می‌کند.

$$a \models b$$

▪ جمله  $a$  استلزام جمله  $b$  است.

▪ جمله  $a$  جمله  $b$  را ایجاد می‌کند.

▪ اگر و فقط اگر، در هر مدلی که  $a$  درست است،  $b$  نیز درست است.

▪ اگر  $a$  درست باشد،  $b$  نیز درست است.

▪ درستی  $b$  در درستی  $a$  نهفته است.

– مثال: جمله  $x+y=4$  مستلزم جمله  $4=x+y$  است.

## ▪ استنتاج (Inference):

$KB \vdash_i \alpha$
<p>جمله‌ی <math>\alpha</math></p> <p>از پایگاه دانش KB</p> <p>از طریق رویه‌ی <math>i</math></p> <p>قابل استنتاج است</p>

▪ Entailment: چه چیزی از مفهوم KB نتیجه گرفته می‌شود.

▪ Inference: چه چیزی از طریق رویه‌ی استنتاج می‌توانیم به دست آوریم.

## ■ استنتاج (Inference):

– KB کاهها هستند.

–  $\alpha$  سوزن است.

– استلزام: سوزن داخل کاهها است.

– استنتاج: پیدا کردن سوزن



## ■ پروسه استنتاج می تواند ۲ کار انجام دهد:

– با داشتن KB عبارت جدید  $\alpha$  از KB استنتاج شود.

– با داشتن KB و  $\alpha$  به ما بگوید آیا KD استلزام  $\alpha$  هست یا نه.

## ویژگی‌های استنتاج

▪ **الگوریتم استنتاج صحیح (Soundness):** رویه‌ی استنتاج  $i$ ،  $\text{Sound (Truth- Preserving)}$  است اگر هرگاه  $KB \vdash_i \alpha$ ، آنگاه  $KB \models \alpha$  نیز درست باشد.

– استنتاجی که فقط جملات قابل نتیجه‌گیری را استنتاج کند.

▪ **Proof:** مراحل متوالی یک رویه‌ی استنتاج  $\text{Sound}$

– پیدا کردن سوزن در انبار کاه

▪ **Completeness:** رویه استنتاج  $i$  کامل است اگر هرگاه  $KB \models \alpha$  آنگاه  $KB \vdash_i \alpha$

نیز درست باشد.

– استنتاجی که بتواند برای هر جمله‌ی قابل نتیجه‌گیری یک اثبات ارائه کند.

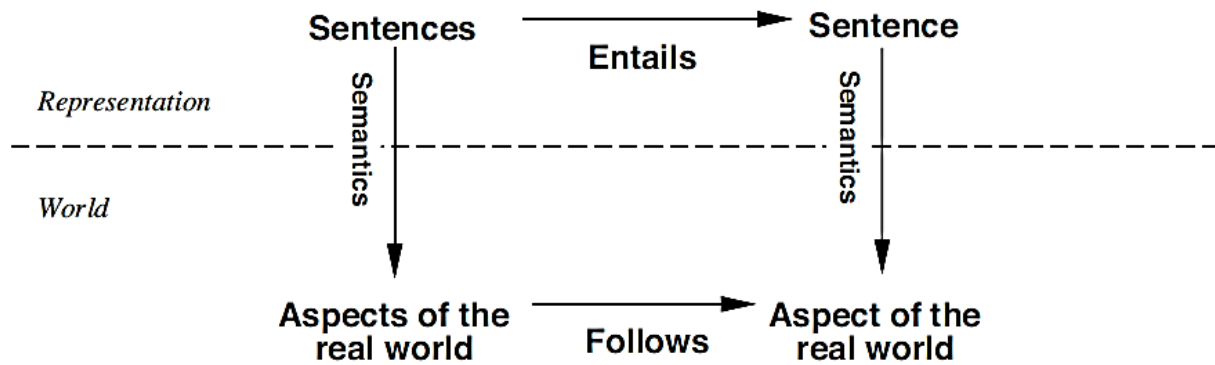
## ویژگی‌های استنتاج

▪ از آنجا که جملات ترکیب‌بندی فیزیکی اجزای یک عامل هستند، استنتاج باید فرآیند

ایجاد ترکیب‌های فیزیکی جدید از قبلی‌ها باشد.

▪ یک استنتاج خوب باید مطمئن باشد که ترکیب‌های جدید بازگوکننده‌ی حقایق

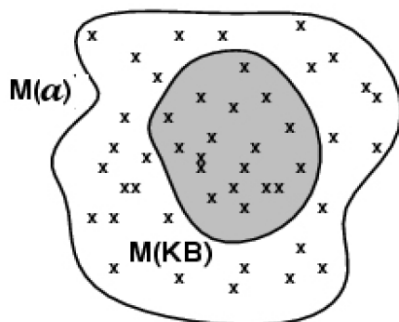
هستند که در جهان واقع نیز از حقایق قبلی قابل استنتاجند.



### مدل (Model):

- $m$  یک مدل برای جمله  $\alpha$  است اگر  $\alpha$  در  $m$  درست باشد.
- اگر  $M(\alpha)$  مجموعه‌ی تمام مدل‌های جمله  $\alpha$  باشد:

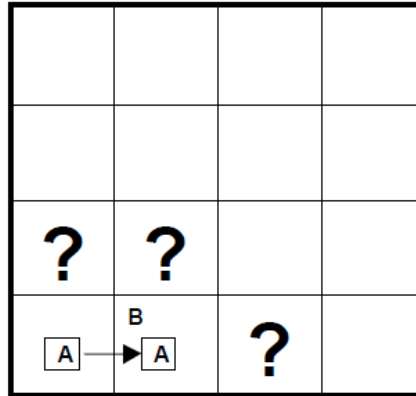
اگر و فقط اگر  $M(KB) \subseteq M(\alpha)$  آنگاه  $KB \models \alpha$





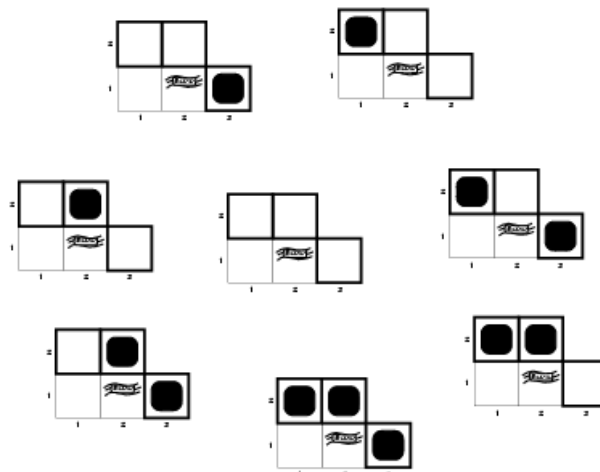
## پایگاه دانش و مدل در WUMPUS

- هیچ چیزی در خانه‌ی [۱, ۱] نیست، حرکت به راست، احساس نسیم در خانه [۲, ۱].
- عامل مایل است بداند در مربع‌های همجوار خانه‌های پیمایش شده گودالی وجود دارد یا خیر.



## پایگاه دانش و مدل در WUMPUS

- تعداد گودال‌های ممکن:  $2^3 = 8$

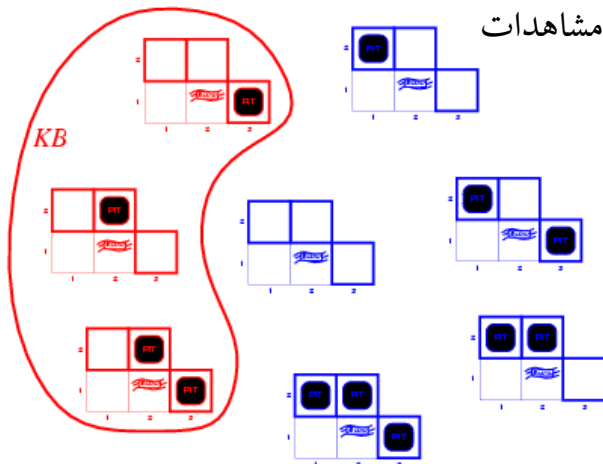


# پایگاه دانش و مدل در WUMPUS

- قوانین دنیای WUMPUS به ما می‌گوید که فقط در خانه‌هایی که در مجاورت آنها نسیم احساس می‌شود امکان وجود چاله هست.

– فقط در ۳ حالت از کلیه حالات صدق می‌کند (دنیای عبارت فوق).

- پایگاه دانش = قوانین دنیای Wumpus + مشاهدات



# پایگاه دانش و مدل در WUMPUS

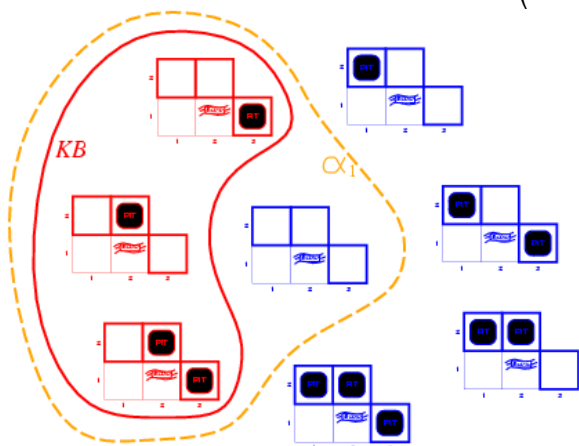
- آیا [1,2] امن است؟ (با توجه به KB)

–  $\alpha_1 = \text{"[1,2] امن است"}$

- $KB \models \alpha_1$ ؟

– از دنیای wumpus + مشاهدات استنتاج می‌شود که [1,2] امن است

– (در هر مدل که KB درست است،  $\alpha$  درست است)

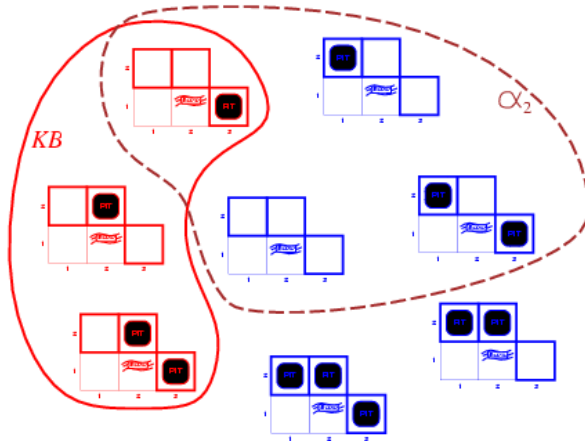


- $\alpha_2 = "[2,2]"$  "امن است"  
 -  $KB \not\models \alpha_2$

$$M(KB) \not\subseteq M(\alpha_2) \quad -$$

■ در تمام مدل‌های KB،  $\alpha_2$  درست نیست.

- عامل در مورد وجود گودال در [2,2] نمی‌تواند نتیجه‌ای بگیرد.



## استنتاج با کنترل همه‌ی حالت‌ها (Model Checking)

■ الگوریتم استنتاج استفاده شده در مثال قبل از نوع کنترل همه‌ی حالت‌ها (Model Checking) است.

■ تمام مدل‌های ممکن را چک می‌کند و بررسی می‌کند که آیا در تمام مدل‌هایی که KB درست است،  $\alpha$  نیز درست است. در این صورت  $\alpha$  از KB قابل استنتاج است.

- برای محیط‌های متناهی مناسب است.

- در ریاضیات فضای مدل‌ها نامتناهی است.

- Model Checking یک روش استنتاج صحیح (Sound/Truth)

(Preserving) است.

■ ممکن است به جواب نرسد، ولی اگر به جواب رسید درست است.

## چند تعریف

### ■ تفسیر (Interpretation):

– معانی ممکنه که می‌توان به یک جمله در KB منتسب کرد.

### ■ درستی یک جمله وابسته به دو عامل است:

– تفسیر ما از جمله

– وضعیت واقعی جهان بیرون

### ■ جمله معتبر (همواره درست – valid):

– جمله‌ای که به ازای تمام تفاسیر ممکن درست (True) باشد.

– جمله‌ای که در همه موقعیت‌ها درست است.

– به جملات معتبر تاتولوژی (Tautology) گفته می‌شود.

– مانند  $p \vee \neg p$

## چند تعریف

### ■ ارضا شدن (Satisfiability): جمله‌ای ارضا شدنی است که در بعضی مدل‌ها (حداقل

یک مدل) درست باشد.

– اگر جمله  $\alpha$  در مدل  $m$  درست باشد،  $m$  جمله  $\alpha$  را ارضا می‌کند یا  $m$  مدلی از  $\alpha$  است.

## چند تعریف

- اعتبار و ارضا شدن به یکدیگر وابسته هستند:
- $\alpha$  معتبر است اگر و تنها اگر  $\alpha$  ارضا نشدنی باشد.
- $\alpha$  ارضا شدنی است اگر و تنها اگر  $\alpha$  معتبر نباشد.
- قضیه:  $\alpha \models \beta$  اگر و تنها اگر جمله  $(\alpha \wedge \neg \beta)$  ارضا نشدنی باشد.

## آی تی ۸۶

- اگر  $G$  مجموعه جملات یک پایگاه دانش به زبان منطق باشد و  $P$  یک جمله به زبان منطق، گوییم  $P$  نتیجه‌ی منطقی  $G$  است، اگر و تنها اگر
  1. مدلی وجود داشته باشد که هم همه‌ی جملات  $G$  و هم  $P$  را ارضا کند.
  2. هر مدلی که  $P$  را ارضا می‌کند، همه‌ی جملات  $G$  را هم ارضا می‌کند.
  3. هر مدلی که حداقل یکی از جملات  $G$  را ارضا می‌کند،  $P$  را هم ارضا می‌کند.
  4. هر مدلی که همه‌ی جملات  $G$  را ارضا می‌کند،  $P$  را هم ارضا می‌کند.

■ گزینه‌ی ۴ صحیح است

– G ترکیب عطفی یک سری قوانین است و برای اینکه G درست باشد باید همه‌ی جملات آن نیز درست باشد.

■ یک مدل در منطق چیست؟

1. مجموعه‌ای از قواعد استنتاجی Sound
2. دنباله‌ای از اعمال روال‌هایی استنتاجی برای اثبات یک جمله
3. جهانی که در آن یک جمله تحت تفسیر خاصی معتبر است.
4. مجموعه جملاتی که از روی آنها می‌توان قابل نتیجه‌گیری بودن یک جمله‌ی خاص را اثبات نمود.

## آی تی ۸۴

■ گزینه ۳ صحیح است.

– دو مفهوم برای مدل می توان متصور بود:

- هر یک از ترکیبات ممکن براساس تعداد گزاره‌های موجود، یک مدل نامیده می شود.
- به دنیایی که جمله  $a$  در آن درست باشد، مدل جمله  $a$  گفته می شود.

## آی تی ۸۵

■ یک جمله ارضا شدنی است اگر و تنها اگر

1. در هر مدلی از جهان صحیح باشد.
2. با قوانین نحوی یک زبان منطقی ساخته شده باشد.
3. بتواند توسط یک روال استنتاجی اثبات شود.
4. تفسیری از جهان وجود داشته باشد که جمله تحت آن صحیح باشد.

- گزینه ۴ صحیح است.

## منطق

- منطق (Logic):

– شامل:

1. یک سیستم قاعده‌مند برای توصیف وضعیت‌ها شامل Syntax و Semantics.

2. یک نظریه‌ی اثبات (Proof Theory):

– مجموعه‌ای از قواعد برای استنتاج جملات جدید