

# **Artificial Intelligence**

## **Chapter-7**

### ***Logical Agents***

**By : J.Razmara**  
**Azərbaycan University**

# عوامل‌های منطقی

- هدف از بررسی عوامل‌های منطقی طراحی و ساخت عوامل‌هایی است که توانائی نمایش دنیای واقعی و استنتاج برای کشف واقعیات جدید و در نتیجه بکارگیری آنها جهت تصمیم‌گیری در انجام عملیات می‌باشد.
- انسان، چیزهایی را می‌داند و می‌تواند استدلال نماید.
- برای عوامل‌های هوشمند نیز **دانش** و **استدلال** دو عنصر مهم هستند و آنها را قادر به حل مسائل پیچیده و واقعی می‌کند.

# عامل مبتنی بر دانش

- مولفه های اصلی عاملهای مبتنی بر دانش :
  - پایگاه دانش (Knowledge Base)
  - مکانیزم استنتاج (Inference Engine)



- پایگاه دانش : بیان واقعیتها و آگاهیهای محیط مسئله با جملات یک زبان رسمی

# عامل مبتنی بر دانش

- فرآیند ایجاد و یادگیری عامل:

– **TELL**: به عامل آنچه که لازم است بگو.

– **ASK**: حال عامل می تواند در مورد اعمال خود بپرسد.

- عاملها در دو سطح قابل بررسی هستند:

– **سطح دانش**: عامل چه چیزهایی می داند و چه اهدافی را دنبال می کند.

– **سطح پیاده سازی**: ساختمان داده های مورد استفاده و نحوه کار با آنها چگونه است.

# عامل مبتنی بر دانش

- عامل مبتنی بر دانش توانائی:
  - نگهداری حالتها، اعمال و ... را دارد.
  - دریافت ادراکات جدید از بیرون را دارد.
  - بروزآوری دید درونی خود از بیرون را دارد.
  - استنتاج و استخراج خواص پنهان دنیا را دارد.
  - استنتاج و انتخاب اعمال مناسب را دارد.

# عامل مبتنی بر دانش

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

**static:** *KB*, a knowledge base

*t*, a counter, initially 0, indicating time

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

*action*  $\leftarrow$  ASK (*KB*, MAKE-ACTION-QUERY (*t*))

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

*t*  $\leftarrow$  *t* + 1

**return** *action*

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: دنیای WUMPUS

• معیار کارآیی (Performance measure)

- برداشتن طلا : +۱۰۰۰
- افتادن در گودال یا خورده شدن : -۱۰۰۰
- هر عمل : -۱
- شلیک : -۱۰

• محیط (Environment)

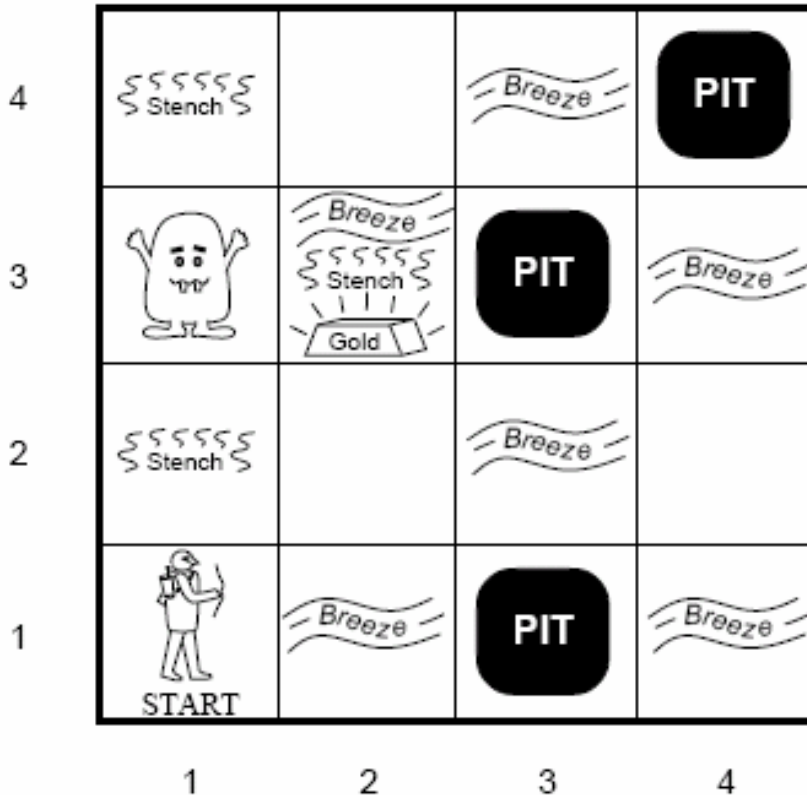
- بوی تعفن در خانه های همجوار وامپوس
- نسیم در خانه های همجوار گودال
- درخشش خانه حاوی طلا
- مرگ وامپوس با شلیک

• عملگرها (Actuators)

- گردش به چپ و راست
- جلو رفتن
- برداشتن و انداختن
- شلیک کردن

• حسگرها (Sensors)

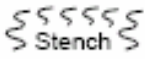



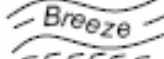
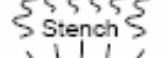
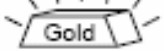


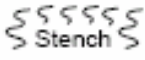


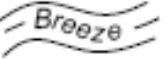


- بوی تعفن
- نسیم
- درخشش
- ضربه



# عامل مبتنی بر دانش

## مثال: ویژگیهای دنیای WUMPUS

- دسترس پذیر؟ خیر، فقط امکان ادراک خانه های مجاور وجود دارد.
- قطعی؟ بله، هر عملی نتیجه مشخصی دارد.
- اپیزودیک؟ خیر، عملیات به هم وابسته اند.
- ایستا؟ بله، وامپوس و گودالها ثابت هستند.
- گسسته؟ بله.
- تک عاملی؟ بله، وجود وامپوس یک عنصر طبیعی است.

4	 Stench		 Breeze	
3		 Breeze  Stench  Gold		 Breeze
2	 Stench		 Breeze	
1	 START	 Breeze		 Breeze
	1	2	3	4

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

A (Agent) = عامل  
B (Breeze) = نسیم  
G (Gold) = درخشش، طلا  
OK = مربع امن  
P (Pit) = گودال  
S (Stench) = تعفن  
V (Visited) = ملاقات شده  
W (Wumpus)

OK			
OK	OK		
A			

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

A (Agent) = عامل  
B (Breeze) = نسیم  
G (Gold) = درخشش، طلا  
OK = مربع امن  
P (Pit) = گودال  
S (Stench) = تعفن  
V (Visited) = ملاقات شده  
W (Wumpus)

OK	P?		
OK V	OK B A	P?	

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

A (Agent) = عامل  
B (Breeze) = نسیم  
G (Gold) = درخشش، طلا  
OK = مربع امن  
P (Pit) = گودال  
S (Stench) = تعفن  
V (Visited) = ملاقات شده  
W (Wumpus)

OK	P?		
OK V A	OK V B	P?	

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

A (Agent) = عامل  
B (Breeze) = نسیم  
G (Gold) = درخشش، طلا  
OK = مربع امن  
P (Pit) = گودال  
S (Stench) = تعفن  
V (Visited) = ملاقات شده  
W (Wumpus) =

W!			
OK S A	OK		
OK ↑ V	OK V B	P!	

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

- A (Agent) = عامل
- B (Breeze) = نسیم
- G (Gold) = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P (Pit) = گودال
- S (Stench) = تعفن
- V (Visited) = ملاقات شده
- W (Wumpus) =

<b>W!</b>			
OK V S	OK → <b>A</b>		
OK V	OK V B	<b>P!</b>	

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

A (Agent) = عامل  
B (Breeze) = نسیم  
G (Gold) = درخشش، طلا  
OK = مربع امن  
P (Pit) = گودال  
S (Stench) = تعفن  
V (Visited) = ملاقات شده  
W (Wumpus)

<b>W!</b>	OK		
OK V S	OK <b>A</b>	OK	
OK V	OK V B	<b>P!</b>	

# عامل مبتنی بر دانش

مثال: جستجو در دنیای WUMPUS

- A (Agent) = عامل
- B (Breeze) = نسیم
- G (Gold) = درخشش، طلا
- OK = مربع امن
- P (Pit) = گودال
- S (Stench) = تعفن
- V (Visited) = ملاقات شده
- W (Wumpus) =

<b>W!</b>	OK S G B A		
OK V S	OK V	OK	
OK V	OK V B	<b>P!</b>	

# منطق

- **منطق** عبارت از یک زبان رسمی برای نمایش دانش است که قابلیت بکارگیری و نتیجه گیری در آن وجود دارد.
- برای این زبان:
  - **Syntax** دستورات ساختاری جملات زبان را معرفی می کند.
  - **Semantic** درستی مفهوم جمله را بررسی می کند.
- مثال:
  - در زبان ریاضی عبارت  $x+y=4$  یک جمله بوده ولی عبارت  $x2y+=$  جمله نیست. (Syntax)
  - جمله  $x+y=4$  به ازای  $x=2$  و  $y=2$  درست بوده ولی به ازای  $x=1$  و  $y=1$  درست نیست. (Semantic)

# منطق

- **استلزام (Entailment)**: به مفهوم پیروی یک جمله از جمله دیگر است. در نمایش ریاضی:

$$\alpha \models \beta$$

- جمله  $\alpha$  استلزام جمله  $\beta$  است.
- جمله  $\alpha$  جمله  $\beta$  را ایجاد می کند.
- اگر  $\alpha$  درست است پس  $\beta$  نیز درست است.
- مثال: جمله  $x+y=4$  استلزام جمله  $4=x+y$  است.

# منطق

- استلزام در دنیای WUMPUS

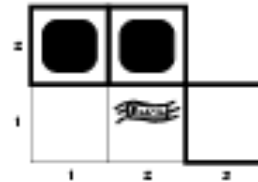
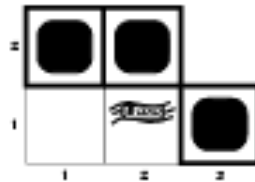
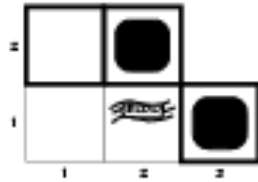
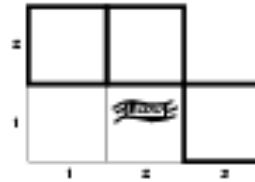
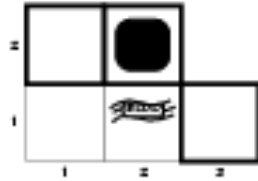
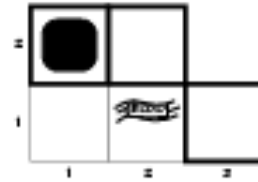
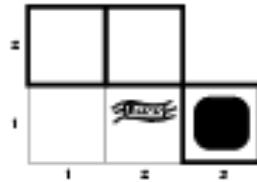
مدلهای ممکن برای سه خانه مشخص شده را در نظر بگیرید.

تعداد حالت‌های ممکن برای این سه خانه برابر هشت می باشد.

<b>P?</b>	<b>P?</b>		
	<b>B</b> → <b>A</b>	<b>P?</b>	

# منطق

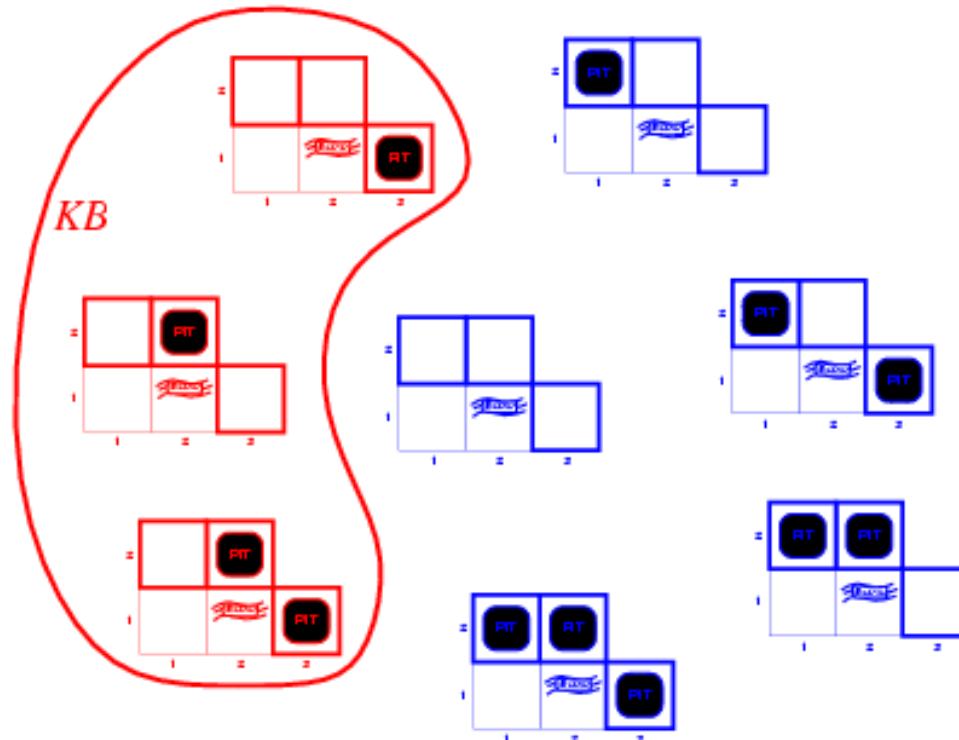
## • مدل‌های WUMPUS



# منطق

## • مدل‌های WUMPUS

KB = WUMPUS World rules + Observations

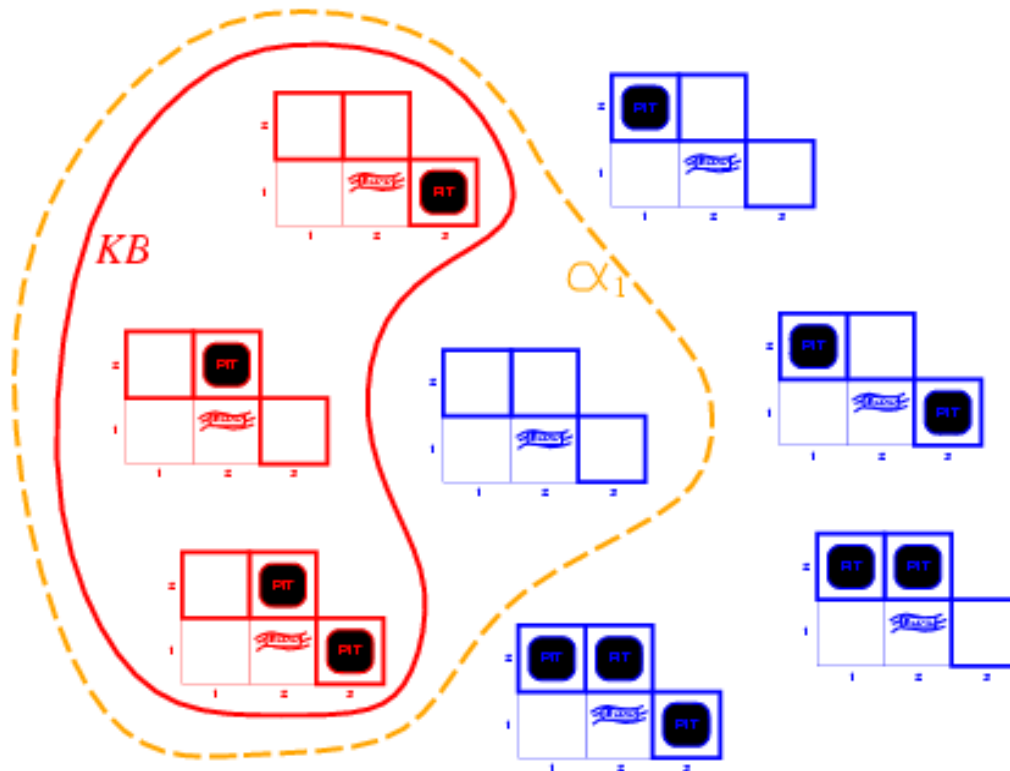


# منطق

## • مدل‌های WUMPUS

KB = WUMPUS World rules + Observations

$\alpha_1 = \text{“}[1,2] \text{ is safe”}$ ,  $KB \models \alpha_1$

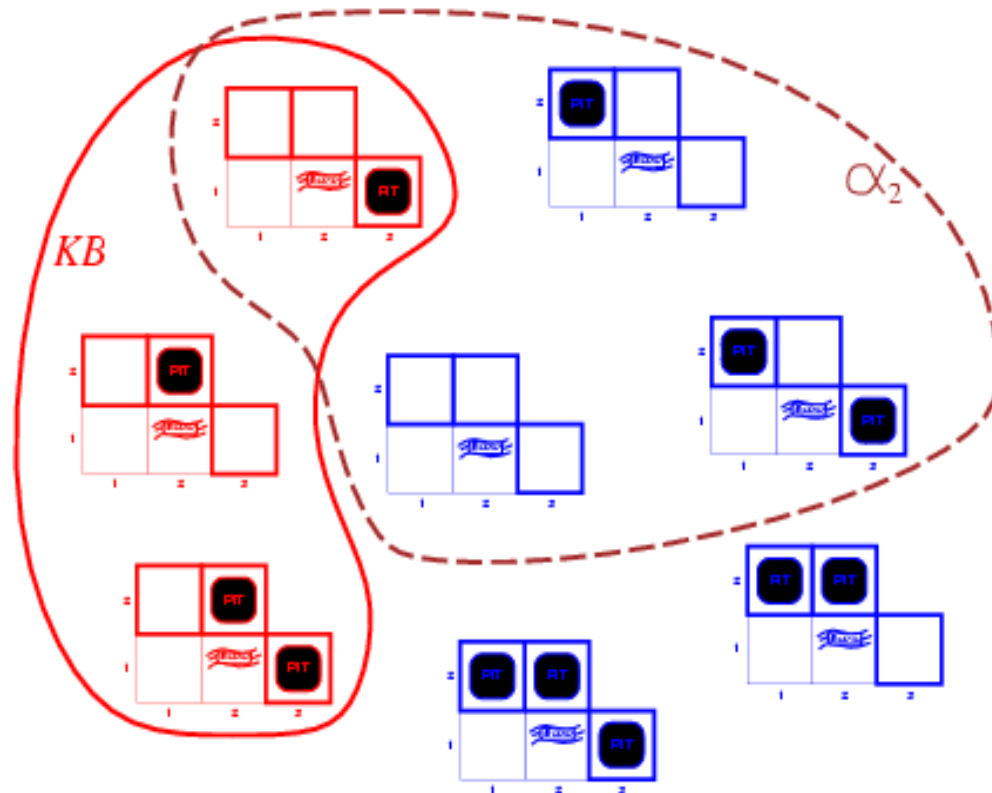


# منطق

## • مدل‌های WUMPUS

KB = WUMPUS World rules + Observations

$\alpha_2 = \text{“}[2,2] \text{ is safe”}, \text{KB} \not\models \alpha_2$



# منطق

- استنتاج (Inference):

اگر جمله  $\alpha$  بوسیله روال استنتاج  $i$  از  $KB$  نتیجه شود گوئیم:

$$KB \vdash_i \alpha$$

–  $\alpha$  بوسیله  $i$  از  $KB$  مشتق می شود.

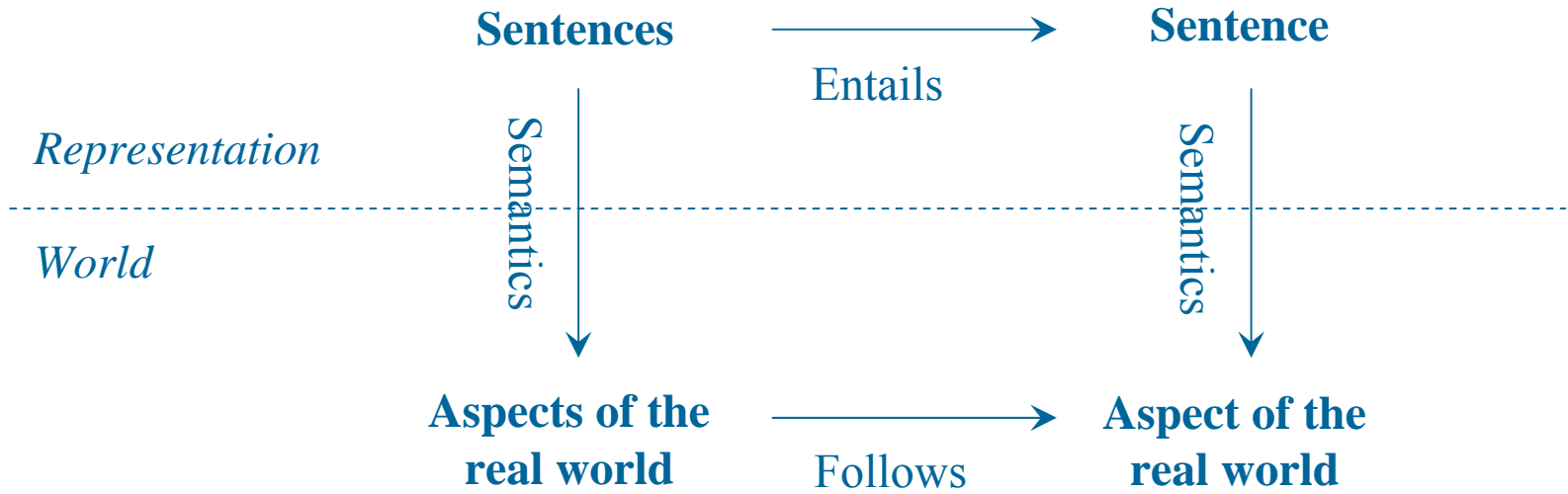
- صحت (Soundness): روال استنتاج  $i$  صحیح است اگر:

$$KB \vdash_i \alpha \Rightarrow KB \models \alpha$$

- کامل بودن (Completeness): روال استنتاج  $i$  کامل است اگر:

$$KB \models \alpha \Rightarrow KB \vdash_i \alpha$$

# منطق



# منطق گزاره ای

- منطق گزاره ای (Propositional logic) ساده ترین نوع منطق است.
  - حروف بزرگ برای نمایش گزاره ها استفاده می شود:  $P, Q, R$
  - $True$  و  $False$  گزاره های ثابت بوده و هر کدام یک جمله هستند.
  - نقیض: اگر  $S$  یک جمله باشد  $\neg S$  نیز یک جمله است.
  - ترکیب عطفی: اگر  $S1$  و  $S2$  جمله باشند  $S1 \wedge S2$  نیز یک جمله است.
  - ترکیب فصلی: اگر  $S1$  و  $S2$  جمله باشند  $S1 \vee S2$  نیز یک جمله است.
  - ترکیب شرطی: اگر  $S1$  و  $S2$  جمله باشند  $S1 \Rightarrow S2$  نیز یک جمله است.
  - ترکیب دو شرطی: اگر  $S1$  و  $S2$  جمله باشند  $S1 \Leftrightarrow S2$  نیز یک جمله است.

# منطق گزاره ای

- $(\alpha \wedge \beta) \equiv (\beta \wedge \alpha)$  commutativity of  $\wedge$   
 $(\alpha \vee \beta) \equiv (\beta \vee \alpha)$  commutativity of  $\vee$   
 $((\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma) \equiv (\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma))$  associativity of  $\wedge$   
 $((\alpha \vee \beta) \vee \gamma) \equiv (\alpha \vee (\beta \vee \gamma))$  associativity of  $\vee$   
 $\neg(\neg\alpha) \equiv \alpha$  double-negation elimination  
 $(\alpha \Rightarrow \beta) \equiv (\neg\beta \Rightarrow \neg\alpha)$  contraposition  
 $(\alpha \Rightarrow \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \beta)$  implication elimination  
 $(\alpha \Leftrightarrow \beta) \equiv ((\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha))$  biconditional elimination  
 $\neg(\alpha \wedge \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \neg\beta)$  de Morgan  
 $\neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg\alpha \wedge \neg\beta)$  de Morgan  
 $(\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) \equiv ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma))$  distributivity of  $\wedge$  over  $\vee$   
 $(\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) \equiv ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma))$  distributivity of  $\vee$  over  $\wedge$

# منطق گزاره ای

جدول درستی عملگرهای منطقی

P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \Rightarrow Q$	$P \Leftrightarrow Q$
<i>False</i>	<i>False</i>	<i>True</i>	<i>False</i>	<i>False</i>	<i>True</i>	<i>True</i>
<i>False</i>	<i>True</i>	<i>True</i>	<i>False</i>	<i>True</i>	<i>True</i>	<i>False</i>
<i>True</i>	<i>False</i>	<i>False</i>	<i>False</i>	<i>True</i>	<i>False</i>	<i>False</i>
<i>True</i>	<i>True</i>	<i>False</i>	<i>True</i>	<i>True</i>	<i>True</i>	<i>True</i>

# منطق گزاره ای

- مثال: جملات دنیای WUMPUS در منطق گزاره ای
  - $P_{i,j}$  درست است اگر و فقط اگر در خانه  $[i, j]$  گودال باشد.
  - $B_{i,j}$  درست است اگر و فقط اگر در خانه  $[i, j]$  نسیم باشد.
  - وجود گودال در یک خانه باعث وزش نسیم در خانه های مجاور می شود.
  - وجود WUMPUS در یک خانه باعث بوی تعفن در خانه های مجاور می شود.

$$\sim P_{1,1}$$

$$\sim B_{1,1}$$

$$B_{2,1}$$

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

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

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

# منطق گزاره ای

- روشهای استدلال در منطق گزاره ای:

- استفاده از قوانین استنتاج:

- تولید جملات جدید از جملات موجود در پایگاه دانش

- پیگیری دنباله ای از جملات برای اثبات

- استفاده از جدول درستی گزاره ها

# منطق گزاره ای

- عبارت گزاره ای Horn clause
- شکل نرمال گزاره ای HNF (Horn Normal Form)
- ترکیب عطفی عبارت های KB = Horn

$$P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n \Rightarrow Q$$

$$A \wedge (C \Rightarrow B) \wedge (D \wedge F \Rightarrow B) \quad \text{مثال:}$$

- قانون استنتاج مورد استفاده برای عبارات HNF:

$$P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n \Rightarrow Q$$

$$P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n$$

---

$$Q$$

# استنتاج جلو رو

- استنتاج جلو رو (Forward chaining):  
مشخص می کند که آیا عبارت مورد جستجوی  $Q$  از عبارات HNF درون پایگاه دانش قابل استنتاج است؟
- اجرا: هر قانونی که قسمت مقدمه آن درون KB درست ارزیابی شده را اعمال نموده و نتیجه آنرا به KB اضافه کن تا وقتی که پاسخ بدست آید.
- مثال:

$L_{1,1}$

*Breeze*

$(L_{1,1} \wedge \textit{Breeze}) \Rightarrow B_{1,1}$

---

$B_{1,1}$

# استنتاج جلو رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

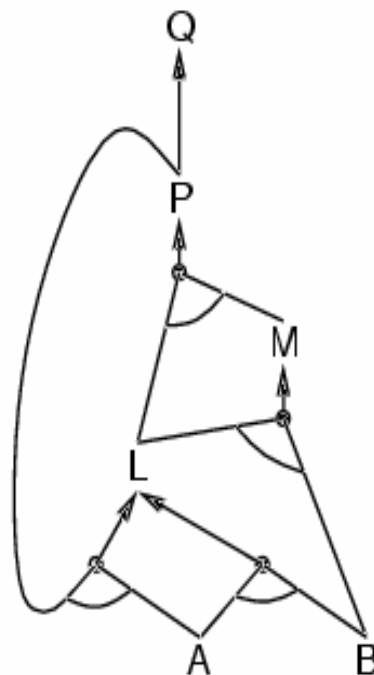
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج جلو رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

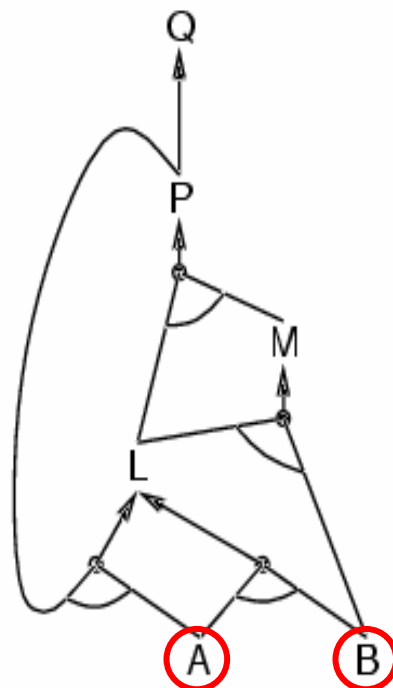
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج جلو رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

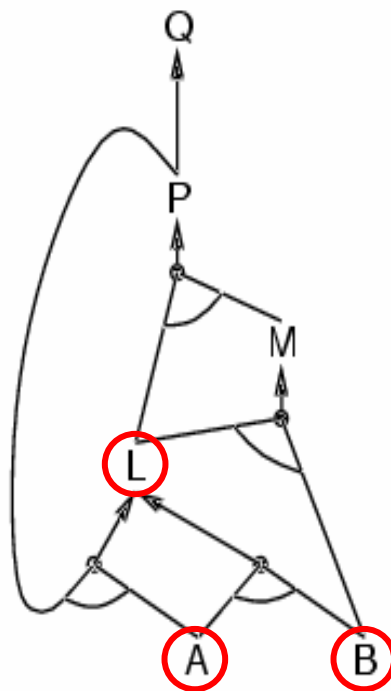
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج جلو رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

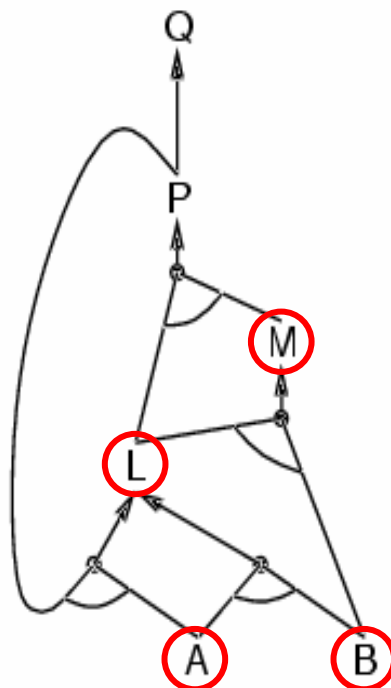
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج جلو رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

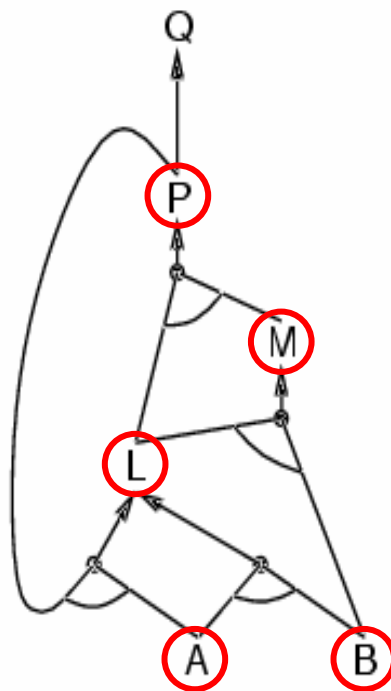
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج جلو رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

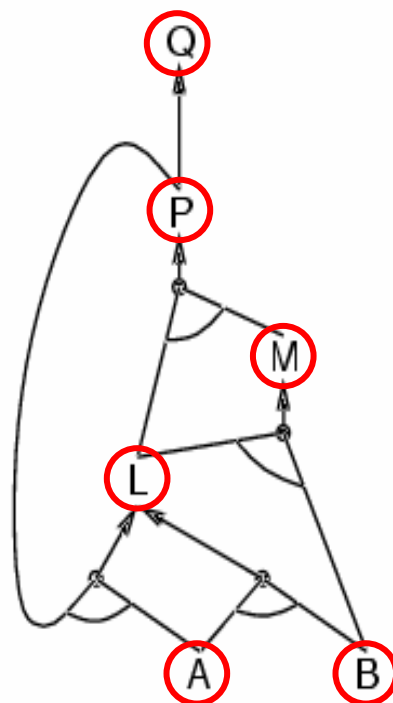
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

- استنتاج عقب رو (Backward chaining):  
برای اثبات عبارت مورد جستجوی  $Q$  رو به عقب حرکت کن.
- اجرا: تا زمانی که  $Q$  ثابت نشده است تمام شرایط (سمت چپ) قوانینی که منجر به  $Q$  می شود را ثابت کن.

# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

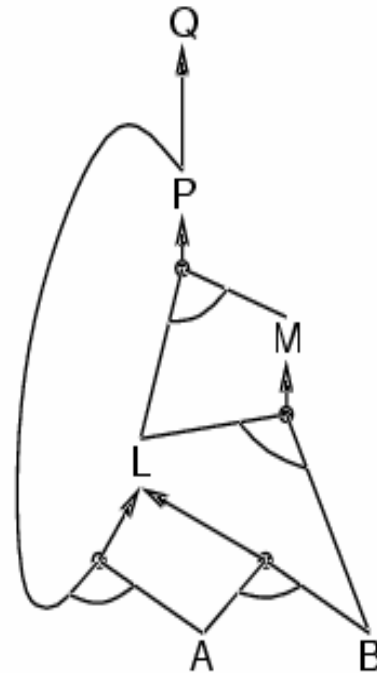
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

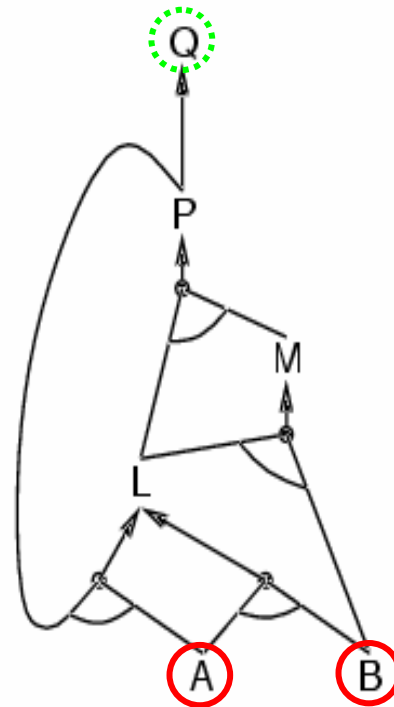
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

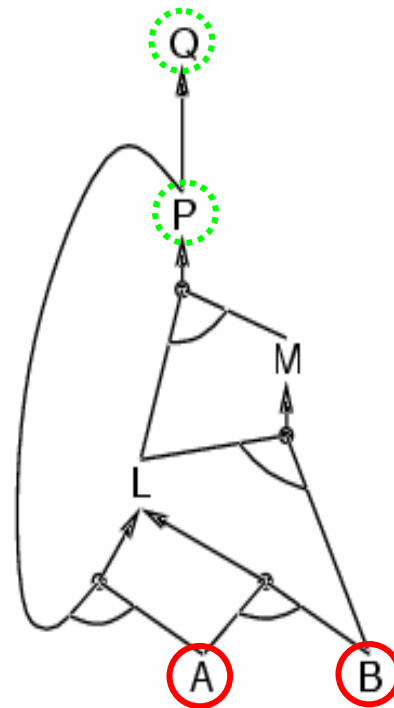
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

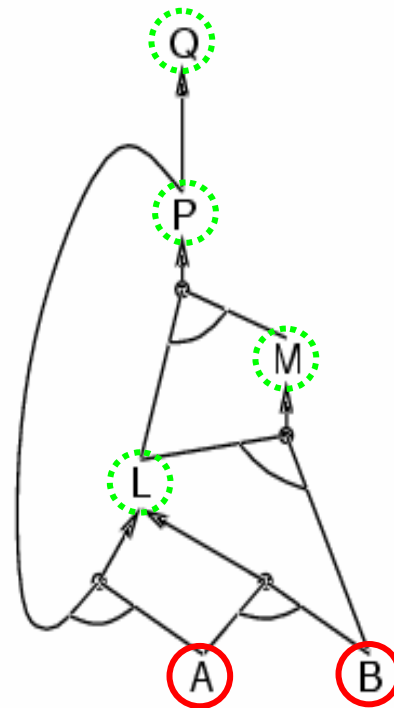
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

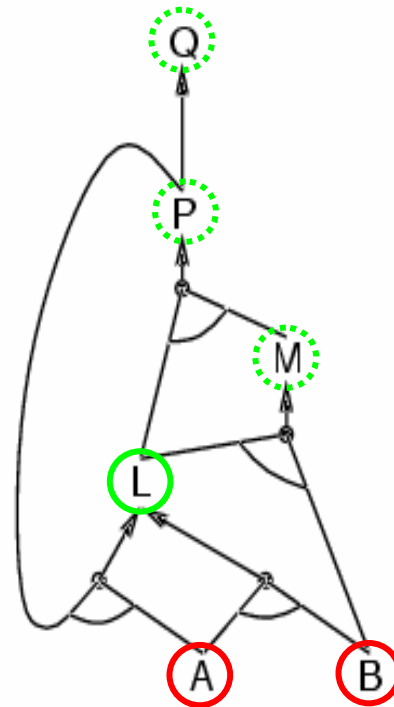
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

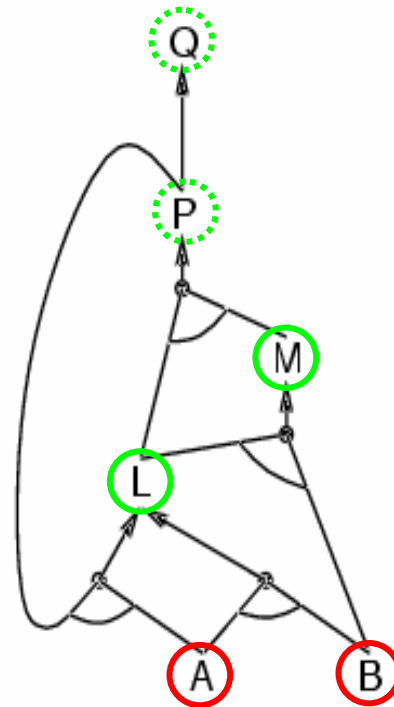
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

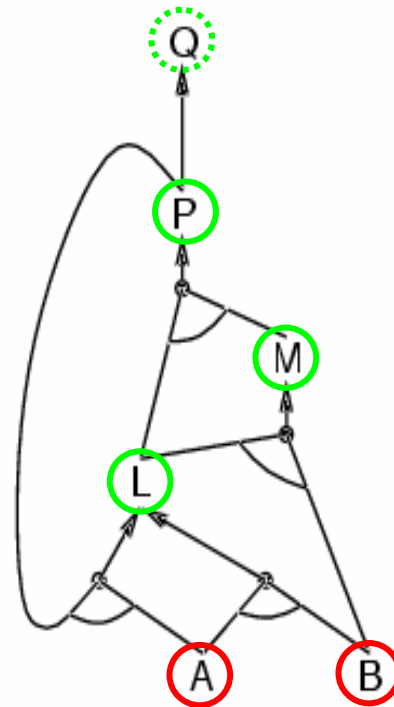
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# استنتاج عقب رو

• مثال:

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

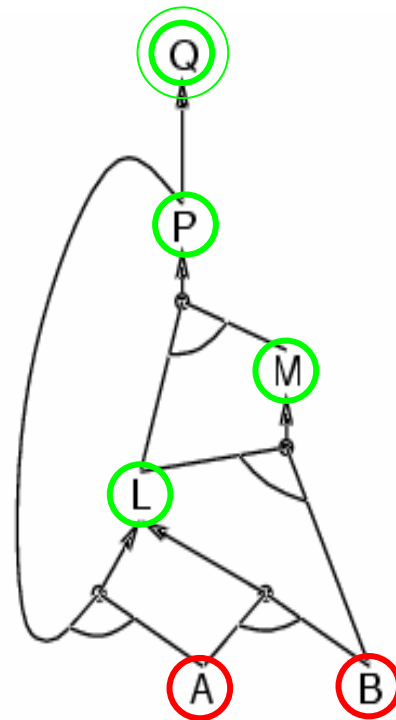
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

$A$

$B$



# مقایسه استنتاج جلو رو و استنتاج عقب رو

- استنتاج جلو رو:

- استنتاج مبتنی بر داده (Data driven reasoning)
- بعضی استنتاجهای اضافی صورت می گیرد که در راستای رسیدن به هدف نیست.

- استنتاج عقب رو:

- استنتاج مبتنی بر هدف (Goal directed reasoning)
- استنتاج سریعتر جواب می دهد.

# Resolution

- شکل نرمال عطفی:

## Conjunction Normal Form (CNF)

جمله ای که شامل ترکیب عطفی از ترکیبات فصلی عبارات می باشد.

*Conjunctions of disjunctions of literals*

- مثال:

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C \vee \neg D) \wedge (C \vee F)$$

# Resolution

• تبدیل فرم HNF به CNF:

1. Eliminate  $\Leftrightarrow$  , replacing  $\alpha \Leftrightarrow \beta$  with  $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$
2. Eliminate  $\Rightarrow$  , replacing  $\alpha \Rightarrow \beta$  with  $\neg\alpha \vee \beta$
3. Move  $\neg$  inwards using de Morgan's rules and double-negation:

$$\neg(\neg\alpha) \equiv \alpha$$

$$\neg(\alpha \wedge \beta) \equiv \neg\alpha \vee \neg\beta$$

$$\neg(\alpha \vee \beta) \equiv \neg\alpha \wedge \neg\beta$$

4. Apply distributivity law  $\vee$  over  $\wedge$  wherever possible.

# Resolution

• مثال: تبدیل عبارت  $B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$  به فرم CNF:

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

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

$$3. (\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge ((\neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1}) \vee B_{1,1})$$

$$4. (\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg P_{1,2} \vee B_{1,1}) \wedge (\neg P_{2,1} \vee B_{1,1})$$

# Resolution

- قانون استنتاج رزولوشن واحد: Unit Resolution Inference Rule

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

که  $m$  و  $l_i$  با همدیگر متناقض هستند.

- مثال:

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

# Resolution

• قانون استنتاج رزولوشن کامل: Full Resolution Inference Rule

$$l_1 \vee \dots \vee l_k, m_1 \vee \dots \vee m_n$$

---

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

که  $l_i$  و  $m_j$  با همدیگر متناقض هستند.

• مثال:

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

---

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