

# بسمه تعالی

## هوش مصنوعی منطق مرتبه اول - ۳ نیمسال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۲

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

# یادآوری

منطق گزاره ای محدود است و حتی نوشتن جملات لازم هم برایش سخت است حتی برای یه دنیای ساده برای همین از منطق مرتبه اول استفاده میکنیم  
این منطق خیلی گویاتر و همیشه جملات را خیلی بهتر نسبت به منطق گزاره ای بیان کرد  
کوچکترین واحد در منطق گزاره ای گزاره است که یک جمله ی خبری است که همیشه بهش نسبت درست و نادرست داد گزاره را همیشه به اجزای کوچکتر شکست

در منطق مرتبه اول یه تعدادی شی و روابط بین اونها را داریم  
دستور منطق مرتبه اول میگه چطوری جملات را در این منطق میشه ایجاد کرد  
تفسیر میگه اشیا و روابط به چه چیزی در ان دنیا اشاره میکنند

- معرفی منطق مرتبه اول
- اشیا و روابط بین آنها
- دستور
- معنا – مدل ، تفسیر
- ثابت
- مسند
- تابع
- سورها

# استفاده از منطق مرتبهٔ اول

- تعامل با پایگاه دانش:
- اضافه کردن جملات به پایگاه دانش با **Tell**:
- **Tell(KB, Boy(Amin)).**
- **Tell(KB, Person(Amir)).**
- **Tell(KB,  $\forall x \text{ Boy}(x) \Rightarrow \text{Human}(x)$ )**
- به چنین جملاتی **اظهارات asserions** می گویند.

افزودن قوانین به  
پایگاه دانش

- سؤال کردن از پایگاه دانش با ASK:
- Ask(KB, Boy(Amin))
- که درست بازمی گرداند.
- چنین جملاتی را سؤال queries یا اهداف goals می گویند.
- هر جمله ای که بتواند از پایگاه دانش ایجاب شود می تواند سؤال شود:
- Ask(KB, Human(Amin))
- که درست باز می گرداند.

چه ایکس هایی  
انسان هستند؟  
جایزگین هایی برای  
متغیر ایکس را  
برمیگردانه

■ یا سؤال کرد:

■  $\text{Ask}(\text{KB}, \exists x \text{ Human}(x))$

■ که درست جواب می دهد

■ ولی انتظار بیشتری داریم:

■  $\text{AskVars}(\text{KB}, \exists x \text{ Human}(x))$

■ اشیائی که بجای  $x$  می توانند قرا بگیرند را باز می گرداند.

$\{x/\text{Amin}\}$

# استفاده مرتبه اول

ولی دو فرد یکسان  
است  
برعکس این جمله  
شرطی درست نیست  
ممکنه همزاد باشند  
ولی برادر نباشه  
رابطشون

مادر بودن یک تابع  
است

دامنه خویشاندی

برادرها همزاد هستند

■  $\forall x,y \text{ Brother}(x,y) \Rightarrow \text{Sibling}(x,y)$

■ مادر هر کس ولی مؤنث اوست

■  $\forall m,c \text{ Mother}(c)=m \Leftrightarrow (\text{Female}(m) \wedge \text{Parent}(m,c))$

■ ولی بزرگ ولی ولی یک فرد است.

$\forall g,c \text{ Grandparent}(g,c) \Leftrightarrow \exists p \text{ Parent}(g,p) \wedge \text{Parent}(p,c) .$

■ یک همزاد فرزند دیگر ولی یک فرد است.

$\forall x,y \text{ Sibling}(x,y) \Leftrightarrow x \neq y \wedge \exists p \text{ Parent}(p,x) \wedge \text{Parent}(p,y) .$

■ همزاد بودن یک رابطه متقارن است.

■  $\forall x,y \text{ Sibling}(x,y) \Leftrightarrow \text{Sibling}(y,x)$

# استفاده از منطق مرتبهٔ اول

- برخی از جملات اصل (axiom) هستند (وابسته به جملات دیگر نیستند).
- برخی جملات هم قضیه (theorem) هستند و از اصول ایجاب می شوند.
- $\forall x, y \text{ Sibling}(x, y) \Leftrightarrow \text{Sibling}(y, x)$
- از نقطه نظر منطقی فقط اصول را باید در پایگاه دانش گذاشت.
- از نقطه نظر عملی قضیه ها هم لازم هستند.
- چون در این صورت زمان زیادی برای بدست آوردن آنها صرف خواهد شد.

$S(n)$   
یک تابع است که به  
تالی آن اشاره میکند

# استفاده از منطق مرتبهٔ اول

■ دامنهٔ اعداد:

■ تعریف اعداد طبیعی:

مسند

$NatNum(0)$  .

$\forall n \ NatNum(n) \Rightarrow NatNum(S(n))$  .

■ اصولی برای تعریف تابع تالی  $S$ :

successor(n)

$\forall n \ 0 \neq S(n)$  .

$\forall m, n \ m \neq n \Rightarrow S(m) \neq S(n)$  .

صفر اولین عدد  
طبیعی در نظر گرفته  
شده پس نمیتونه تالی  
یه عبارتی باشه



وقتی یه جمله  
بامساوی بیان میشه  
دوطرفش باید ترم  
باشه و یه راه ساختن  
ترم هم استفاده از  
تابع بود ترم هم به  
شی اشاره میکنه

اپراتور قبل از  
عملوندهاش میاد  
میشه پرفیکس

# استفاده از منطق مرتبه اول

یک تابع است  
داره به شی ای اشاره  
میکنه که جمع صفر  
وام است

■ تعریف جمع بر اساس تابع تالی:

$$\forall m \text{ NatNum}(m) \Rightarrow + (0, m) = m .$$

$$\forall m, n \text{ NatNum}(m) \wedge \text{NatNum}(n) \Rightarrow + (S(m), n) = S(+ (m, n)) .$$

■ برای راحتی خواندن تعریف دوم را بصورت زیر نیز می توان نوشت:

$$\forall m, n \text{ NatNum}(m) \wedge \text{NatNum}(n) \Rightarrow (m + 1) + n = (m + n) + 1 .$$

■ اولی بصورت پیشوند prefix

■ دومی بصورت میانوند infix

جمع تالی ام و ان  
مساوی است با تالی  
جمع ام و ان

اینجا عملگر اوامده  
بین دو عملوند میشه  
اینفیکس یا میانوند

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

تالی را با بعلاوه یک  
نشان میدهم

# استفاده از منطق مرتبه اول

- دامنه مجموعه ها
- مجموعه ها، مجموعه تهی و آنانی که بوسیله الحاقی چیزی به یک مجموعه ساخته شده اند هستند

■  $\forall s \text{ Set}(s) \Leftrightarrow (s = \{\}) \vee (\exists x, s_2 \text{ Set}(s_2) \wedge s = \{x | s_2\})$

$\forall s \text{ Set}(s) \Leftrightarrow (s = \{\}) \vee (\exists x, s_2 \text{ Set}(s_2) \wedge s = \text{Add}(x, s_2)).$

- مجموعه تهی دارای عضوی که به آن الحاق شده باشد نیست

$\neg \exists x, s \text{ Add}(x, s) = \{\}.$

تکرار یک عضو در  
مجموعه ها بی اثر  
است

# استفاده از منطق مرتبهٔ اول

■ دامنهٔ مجموعه ها

■ الحاق کردن عنصری که هم اکنون عضو مجموعه است اثری ندارد

$$\forall x, s \quad x \in s \Leftrightarrow s = Add(x, s) .$$

■ تنها عناصر یک مجموعه، عناصری هستند که به آن الحاق شده اند.

$$\forall x, s \quad x \in s \Leftrightarrow \exists y, s_2 \quad (s = Add(y, s_2) \wedge (x = y \vee x \in s_2)) .$$

اون وای جدیدی که  
داره به اس ۲ اضافه  
میشه همون ایکس ما  
است ک الان دیگه  
عضو مجموعه است

هوش مصنوعی - نیمسال اول

ایکس قبلا توی اس ۲  
بوده

مازیار پالهنک

11

تعریف زیر مجموعه بودن

# استفاده از منطق مرتبه اول

■ دامنه مجموعه ها

■

■  $\forall s_1, s_2 \quad s_1 \subseteq s_2 \Leftrightarrow (\forall x \ x \in s_1 \Rightarrow x \in s_2)$

■  $\forall s_1, s_2 \quad (s_1 = s_2) \Leftrightarrow (s_1 \subseteq s_2 \wedge s_2 \subseteq s_1)$  برابری دو مجموعه

■  $\forall x, s_1, s_2 \quad x \in (s_1 \cap s_2) \Leftrightarrow (x \in s_1 \wedge x \in s_2)$

■  $\forall x, s_1, s_2 \quad x \in (s_1 \cup s_2) \Leftrightarrow (x \in s_1 \vee x \in s_2)$

# دنیای دیو

درک یه لیست  
عضوی است ۵

در زمان ۵  
این درک حاصل شده

■ جمله درک، شامل لیست درک و زمان:

$Percept([Stench, Breeze, Glitter, None, None], 5)$  .

■ اعمال:

$Turn(Right), Turn(Left), Forward, Shoot, Grab, Climb$  .

■ برای تعیین اینکه بهترین عمل برای انجام چیست؟

$ASKVAR(\exists a \text{ BestAction}(a, 5))$  ,

■ که بطور مثال  $\{a/Grab\}$  باز می گرداند.

بهترین عمل در زمان  
۵  
چیه؟  
بهترین عمل را  
جایزگین  
a  
میکنه و برمیگردانه

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

13

اینجا  
s,g,w,c  
متغیر هستند

عضو دوم لیست  
نسیم است که درک  
ورودی است

در زمان تی ما نسیم  
داریم

■ استخراج واقعیات از درک خام:

$$\forall t,s,g,w,c \quad \text{Percept}([s, \text{Breeze}, g, w, c], t) \Rightarrow \text{Breeze}(t)$$

$$\forall t,s,g,w,c \quad \text{Percept}([s, \text{None}, g, w, c], t) \Rightarrow \neg \text{Breeze}(t)$$

$$\forall t,s,b,w,c \quad \text{Percept}([s, b, \text{Glitter}, w, c], t) \Rightarrow \text{Glitter}(t)$$

$$\forall t,s,b,w,c \quad \text{Percept}([s, b, \text{None}, w, c], t) \Rightarrow \neg \text{Glitter}(t)$$

در زمان تی نسیم  
نداریم

■ در منطق گزاره ای باید برای هر زمان t یک جمله می نوشتیم.

ولی اینجا مینویسیم  
Breeze(t)

در زمان تی ما  
درخشندگی داریم

# پایگاه دانش برای دنیای دیو

■ در منطق گزاره ای باید برای هر زمان  $t$  یک جمله می نوشتیم.

■ رفتار واکنشی

عاملی که با هر درکی  
که میگیره سریعاً به  
اکشنی نشان میده

در زمان تی که  
هرچی میتونه باشه

■  $\forall t \text{ Glitter}(t) \Rightarrow \text{BestAction}(\text{Grab}, t)$

اگه در زمان تی ما  
درخشندگی حس  
کردیم  
سریعاً عمل برداشتن  
را انجام بده

خانه ی ۱ و ۲ مربع  
است

- چگونگی نمایش اشیاء: مربعها، گودالها، دیو، عامل؟
- استفاده از  $\text{Square}_{12}$  یا  $\text{Square}_{33}$
- بیان مجاورت دو مربع؟
- بهتر: نمایش با یک لیست دو عضوی  $[X, Y]$

مجاورت دو مربع

$$\forall x, y, a, b \quad \text{Adjacent}([x, y], [a, b]) \Leftrightarrow (x = a \wedge (y = b - 1 \vee y = b + 1)) \vee (y = b \wedge (x = a - 1 \vee x = a + 1))$$

اگه ایکس هاشون  
برابر باشه  
باید وای شون یکی  
اختلاف داشته باشه  
یا یکی زیادتر  
یا یکی کمتر

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

16



- گودالها را هم می توان نام داد
- لزومی به جدا بیان کردن گودالها نیست

مسند

→ Pit([x,y]) ■

■ فقط یک دیو: ثابت Wumpus

■ فقط یک عامل: Agent

فرضمون این ک دیو  
حرکت نمیکنه پس  
جاش ثابتہ

عامل ثابت است چون  
فقط یکی داریم

در خانه ی اس در  
زمان تی

■ مکان عامل:  $At(\text{Agent}, s, t)$

■ ثابت کردن مکان دیو:  $At(\text{Wumpus}, [1, 3], t)$

■ اشیاء در هر زمان فقط در یک مکان می توانند باشند:

$$\forall x, s_1, s_2, t \quad At(x, s_1, t) \wedge At(x, s_2, t) \Rightarrow s_1 = s_2 .$$

خانه ی اس نسیم دار است

# استنتاج خواص پنهان

■ خواص مربعها:

■  $\forall s, t \text{ At}(\text{Agent}, s, t) \wedge \text{Breeze}(t) \Rightarrow \text{Breezy}(s)$

به ازای هر اس آگه  
اس نسیم دار باشه یه  
مربع به اسم آر کنار  
اس هست که آر یه  
گودال توشه

■ مربهای نزدیک گودال نسیم دار هستند:

■ قانون تشخیصی — استنتاج علت از اثر

$$\forall s \text{ Breezy}(s) \Rightarrow \exists r \text{ Adjacent}(r, s) \wedge \text{Pit}(r)$$

علت باعث یه اثری  
شده

■ قانون علی --- استنتاج اثر از علت

$$\forall r \text{ Pit}(r) \Rightarrow [\forall s \text{ Adjacent}(r, s) \Rightarrow \text{Breezy}(s)]$$

هرخانه ی مجاور  
مربع آر که گوداله  
یک خانه ی نسیم  
داره

مازیار پالهنک

علت: گودال داشتن

■ اصل حالت تالی

$$\forall t \text{ HaveArrow}(t + 1) \Leftrightarrow (\text{HaveArrow}(t) \wedge \neg \text{Action}(\text{Shoot}, t)) .$$

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

19

اثر: نسیم دار بودن

عملی انجام نداده  
باشیم که تیرهامون  
از بین رفته باشه

# مهندسی دانش در م.م.ا.

باید پایگاه دانشش را بسازیم  
چطوری میتونیم این پایگاه را بسازیم؟  
مهندسی دانش به نحوه ی ساخت صحیح پایگاه  
دانش میگویند

## 1. مشخص کردن وظیفه

1. چه سؤالاتی را باید پاسخگو باشد؟
2. چه دانشی باید نمایش داده شود؟

## 2. یافتن دانش مرتبط

1. یا خود خبره یا کمک گیری از یک خبره (اکتساب دانش)

## 3. تصمیم گیری در مورد مسندها، توابع، ثابتها (هستی شناسی ontology)

## 4. کد کردن دانش عمومی دامنه

## 5. کد کردن توصیف نمونه خاص مسئله

## 6. سؤال کردن از روال استنتاج و گرفتن پاسخ

## 7. خطازدائی پایگاه دانش

چون داریم از منطق  
مرتبه اول استفاده  
میکنیم باید مسندها و  
توابع و ثابت ها  
مشخص بشه

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

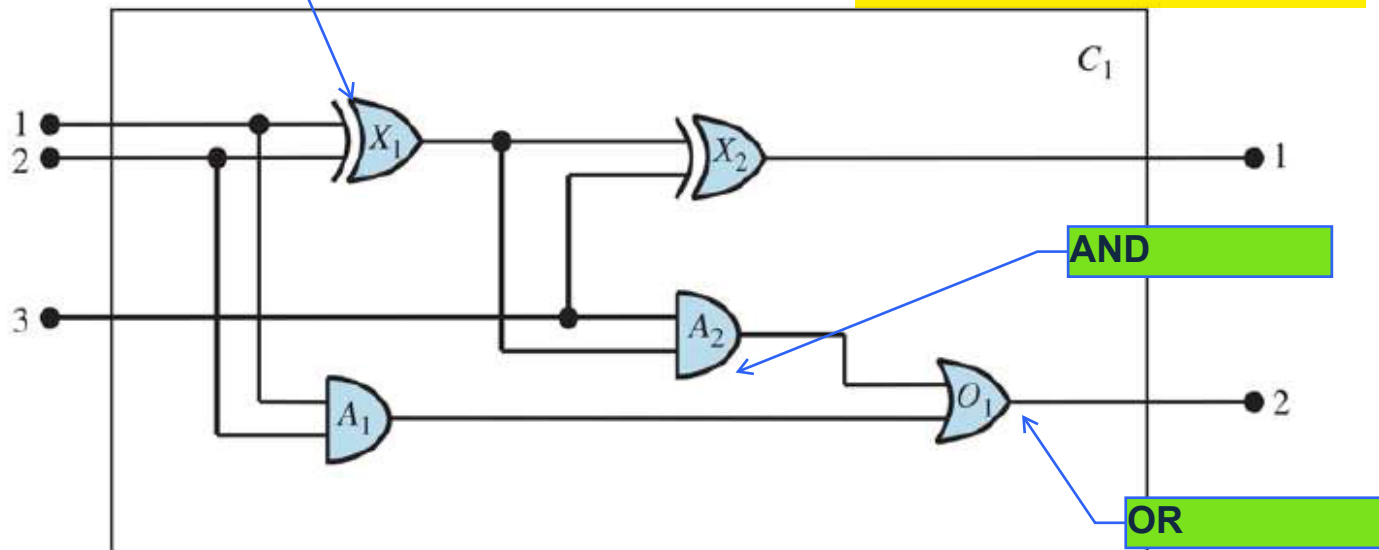
20

علم پزشکی را کد کردیم  
مرحله ۵ که نمونه ی خاصه میشه یه  
بیمار

XOR  
 $0,1 \Rightarrow 1$   
 $1,0 \Rightarrow 1$   
 $0,0 \text{ OR } 1,1 \Rightarrow 0$

## دامنه مدارهای منطقی

تمام جمع کننده یک بیتی



A digital circuit  $C_1$ , purporting to be a one-bit full adder. The first two inputs are the two bits to be added, and the third input is a carry bit. The first output is the sum, and the second output is a carry bit for the next adder. The circuit contains two XOR gates, two AND gates, and one OR gate.

# دامنه مدارهای منطقی

## 1. مشخص کردن وظیفه

1. آیا مدار واقعاً جمع را بدرستی انجام می دهد؟
2. دروازه هائی که ورودی اول به آنها متصل است کدامند؟

## 2. مشخص کردن دانش مرتبط

1. سیمها، دروازه ها، نوع دروازه ها (و، یا، یای مانع الجمع، نقیض)
2. نامربوط: اندازه، رنگ، قیمت

## 3. تصمیم گیری در مورد واژه نامه

Gate(X1) 1.

نمایش به کمک تابع 2. گزینه ها:

Type(X<sub>1</sub>) = XOR 3.

Type(X<sub>1</sub>, XOR) 4.

XOR(X<sub>1</sub>) 5.

به کمک مسند

# دامنه مدارهای منطقی

4. کد کردن دانش عمومی

■ اگر دو ترمینال به هم متصل باشند آنگاه سیگنال روی آنها با هم برابر است:

$$\forall t_1, t_2 \quad \text{Terminal}(t_1) \wedge \text{Terminal}(t_2) \wedge \text{Connected}(t_1, t_2) \Rightarrow \text{Signal}(t_1) = \text{Signal}(t_2)$$

■ سیگنال روی هر ترمینال یا یک یا صفر است.

$$\forall t \quad \text{Terminal}(t) \Rightarrow (\text{Signal}(t) = 1 \vee \text{Signal}(t) = 0)$$

دوتا ثابت یک و صفر  
یکسان نیستند

$$1 \neq 0$$

$$\forall t_1, t_2 \quad \text{Connected}(t_1, t_2) \Rightarrow \text{Connected}(t_2, t_1)$$

■ چهار نوع دروازه وجود دارند:

$$\forall g \quad \text{Gate}(g) \wedge k = \text{Type}(g) \Rightarrow k = \text{AND} \vee k = \text{OR} \vee k = \text{XOR} \vee k = \text{NOT}.$$

سیگنالی که روی خروجی ۱ گیت ما است  
یک است اگر و تنها اگر  
یه ان ای وجود داره که ان ورودی گیت ما  
است و مقدارش یک است

خروجی یه گیت  
OR  
زمانی یک است که  
حداقل یکی از  
ورودی هاش یک  
باشه

## دامنه مدارهای منطقی

- $\forall g \text{ Gate}(g) \wedge \text{Type}(g) = \text{OR} \Rightarrow$   
 $\text{Signal}(\text{Out}(1, g)) = 1 \Leftrightarrow \exists n \text{ Signal}(\text{In}(n, g)) = 1$
- $\forall g \text{ Gate}(g) \wedge \text{Type}(g) = \text{AND} \Rightarrow$   
 $\text{Signal}(\text{Out}(1, g)) = 0 \Leftrightarrow \exists n \text{ Signal}(\text{In}(n, g)) = 0$
- $\forall g \text{ Gate}(g) \wedge \text{Type}(g) = \text{XOR} \Rightarrow$   
 $\text{Signal}(\text{Out}(1, g)) = 1 \Leftrightarrow \text{Signal}(\text{In}(1, g)) \neq \text{Signal}(\text{In}(2, g))$
- $\forall g \text{ Gate}(g) \wedge \text{Type}(g) = \text{NOT} \Rightarrow$   
 $\text{Signal}(\text{Out}(1, g)) \neq \text{Signal}(\text{In}(1, g))$

اگه یکی از ورودی  
های گیت اند صفر  
باشه خروجی صفر  
میشه

■ دروازه ها، ترمینالها و سیگنالها مجزا هستند:

$$\forall g, t, s \text{ Gate}(g) \wedge \text{Terminal}(t) \wedge \text{Signal}(s) \Rightarrow g \neq t \wedge g \neq s \wedge t \neq s.$$

سیگنالی که روی  
خروجی پایه ی یک  
گیت هست  
مخالف سیگنال  
ورودی همان پایه  
است

مازیار پالو

سیگنال ورودی روی  
پایه ی یک گیت جی  
اگه مخالف باشه با  
سیگنال ورودی در  
پایه ی دو ورودی  
گیت

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۲



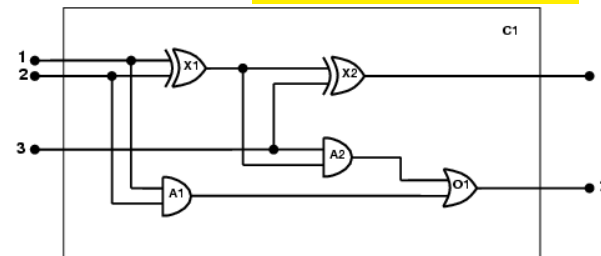
# دامنه مدارهای منطقی

خروجی اول گیت  
ایکس ۱  
به ورودی اول  
ایکس ۲ وصل است

تاوردی ۳  
تا خروجی ۲

$Circuit(C_1) \wedge Arity(C_1, 3, 2)$   
 $Gate(X_1) \wedge Type(X_1) = XOR$   
 $Gate(X_2) \wedge Type(X_2) = XOR$   
 $Gate(A_1) \wedge Type(A_1) = AND$   
 $Gate(A_2) \wedge Type(A_2) = AND$   
 $Gate(O_1) \wedge Type(O_1) = OR$

۵. کد کردن مسئله خاص



مشخص کردن  
ارتباط ها

$Connected(Out(1, X_1), In(1, X_2))$	$Connected(In(1, C_1), In(1, X_1))$
$Connected(Out(1, X_1), In(2, A_2))$	$Connected(In(1, C_1), In(1, A_1))$
$Connected(Out(1, A_2), In(1, O_1))$	$Connected(In(2, C_1), In(2, X_1))$
$Connected(Out(1, A_1), In(2, O_1))$	$Connected(In(2, C_1), In(2, A_1))$
$Connected(Out(1, X_2), Out(1, C_1))$	$Connected(In(3, C_1), In(2, X_2))$
$Connected(Out(1, O_1), Out(2, C_1))$	$Connected(In(3, C_1), In(1, A_2))$

# دامنه مدارهای منطقی

چه چیزی باید به جای  
 $i_1, i_2, i_3$   
 قرار بگیرد تا خروجی پایه اول  
 $C_1=0$  ,  
 خروجی پایه دوم  
 $C_1=1$

6. سؤال کردن

مجموعه مقادیر ممکن پایه ها؟

$$\exists i_1, i_2, i_3 \text{ Signal(In}(1, C_1)) = i_1 \wedge \text{Signal(In}(2, C_1)) = i_2 \wedge \text{Signal(In}(3, C_1)) = i_3 \\ \wedge \text{Signal(Out}(1, C_1)) = 0 \wedge \text{Signal(Out}(2, C_1)) = 1 .$$

$$\{i_1/1, i_2/1, i_3/0\} \quad \{i_1/1, i_2/0, i_3/1\} \quad \{i_1/0, i_2/1, i_3/1\} .$$

7. خطازدائی

بیت نقلی صفر

فرض کنیم توی  
 پایگاه دانش نگفته  
 بودیم که یک مخالف  
 صفر است

نبود  $1 \neq 0$  در پایگاه دانش

مثال:

$$\exists i_1, i_2, 0 \\ \text{Signal(In}(1, C_1)) = i_1 \wedge \text{Signal(In}(2, C_1)) = i_2 \wedge \text{Signal(Out}(1, X_1)) = 0$$

مازیار پالهنک

هوش

26

سؤال:  
 مقادیر  
 $i_1, i_2, 0$   
 چی میتونه باشه با  
 این اطلاعات؟

■ برای XOR داریم:

$$\text{Signal}(\text{Out}(1, X_1)) = 1 \Leftrightarrow \text{Signal}(\text{In}(1, X_1)) \neq \text{Signal}(\text{In}(2, X_1))$$

■ اگر ورودیها ۱ و ۰ باشند

$$\text{Signal}(\text{Out}(1, X_1)) = 1 \Leftrightarrow 1 \neq 0$$

■ ولی نمی دانیم ۱ و ۰ برابر نیستند و خروجی ۱ را نمی توانیم نتیجه بگیریم.

باید اضافه کنیم به  
پایگاه دانش که این  
سیگنال یک و صفر  
با هم مساوی نیستند

هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲

27

- استفاده از منطق مرتبه اول
- اضافه کردن جملات
- سؤال کردن
- چند دامنه نمونه
- مهندسی دانش در منطق مرتبه اول



م. پالهنګ  
دانشگاه صنعتی اصفهان - پژوهشکده فاوا  
هوش مصنوعی - نیمسال اول ۱۴۰۱-۰۲  
مازیار پالهنګ

- 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.