

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
( پلی تکنیک تهران )

دانشکده مهندسی کامپیوتر

مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی ترم پاییز ۱۴۰۱

پاسخنامه تمرین دوم

سوال ۱ (۲۰ نمره)

(الف)

۱- نادرست. اعمال arc consistency به یک CSP با ساختار درختی تضمین می کند که اگر اختصاص متغیرها از ریشه شروع شود و به سمت برگ ها حرکت کند، نیازی به backtrack نیست، پس پاسخ ۰ است. توجه: در صورتی که کسی پاسخ را درست گرفته باشد و توضیحات بالا را ارائه کرده باشد باز هم نمره تعلق میگیرد.

۲- درست.

(ب)

مقدار  $M$  کوچکتر یا مساوی  $E$  است؛ زیرا minimizer این ضمانت را می دهد که در صورتی که بهینه عمل کند حتما به مقدار  $M$  دست می یابد. در صورتی هم که بهینه نباشد و عملکرد رندوم داشته باشد عملکرد بهتری دارد. بنابراین expectimax در تغییرات گره ها نمی تواند کمتر از مینیمم گره successor باشد.

سوال ۲ (۳۰ نمره)

الف) متغیرها:  $\{A, B, C, D, E, F\}$  دامنه:  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

محدودیت‌ها:

1:  $A \in \{3, 4\}$

2:  $|E-B| \neq 3$

3:  $C \in \{1, 6\}$

4:  $|D-F| = 1$

5:  $|D-E| = 3$

6:  $|A-C| \neq 1$

7:  $(C, D) \in \{(1, 4), (1, 5), (1, 6), (2, 4), (2, 5), (2, 6), (3, 4), (3, 5), (3, 6),$

$(4, 1), (4, 2), (4, 3), (5, 1), (5, 2), (5, 3), (6, 1), (6, 2), (6, 3)\}$

8:  $A \neq B \neq C \neq D \neq E \neq F$

برای محدودیت دوم، چهارم، پنجم و ششم نوشتن مجموعه و زوج مرتب هم درست است.

نکته‌ی قابل مطرح در این سوال این است که با اعمال محدودیت ۱ و ۳، محدودیت ششم هم ارضا می شود.

همچنین مورد هفتم هم تنها شامل ۶ زوج مرتب که در آن‌ها C برابر ۱ یا ۶ است می شود، اگر چنین نتیجه گرفته

باشید هم در این مورد قابل قبول است؛ هر چند بهتری است که محدودیت‌ها کامل نوشته شده باشد و هر کدام

از محدودیت‌ها را جدا و مستقل از هم بررسی کنید (مانند موارد نوشته شده).

ب) محدودیت هشتم هر دو متغیر را به هم متصل می کند. در واقع پاسخ این سوال یک گراف کامل با ۶ راس و

انتخاب ۲ از ۶ یا ۱۵ یال است.

ج) محدودیت سوم به صورت صریح به این صورت است:  $C \in \{1, 6\}$

د) تنها یک بار باید Forward Checking اعمال شود و تنها محدودیتی که قابل اجرا کردن است، محدودیت هفتم است؛ زیرا در جدول داده شده مقدار C برابر یک است، پس D نمیتواند مقادیر ۱ و ۲ و ۳ را بپذیرد. پس از اعمال این محدودیت، مجدداً به دلیل مقدار C، محدودیت هشتم مقدار ۱ را از تمامی متغیرها حذف می کند. توجه داشته باشید که به طور مثال محدودیت دوم قابل اعمال کردن نیست، زیرا مقادیر موجود برای هر دو متغیر B و D به گونه ای است که برای اعمال این محدودیت باید خودمان پیش فرض هایی داشته باشیم و مقادیری را به دلخواه حذف کنیم که جزو عملیات انجام شده در Forward Checking نیست.

A			3	4		
B	1	2	3	4	5	6
C	1					
D	1	2	3	4	5	6
E	1	2	3	4	5	6
F	1	2	3	4	5	6

ه)

A			3	4		
B	1	2	3	4	5	6
C	1					
D	1	2	3	4	5	6
E			3			

F	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---

سوال ۳ (۲۰ نمره)

$c_2c_1$

DO

+ IT

---

NOW

(الف)

$D, O, I, T, N, W \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

$c_1, c_2 \in \{0, 1\}$

$\forall x, y \in \{D, O, I, T, N, W\} : x \neq y$

DO عدد است. پس:  $D \neq 0$

IT عدد است. پس:  $I \neq 0$

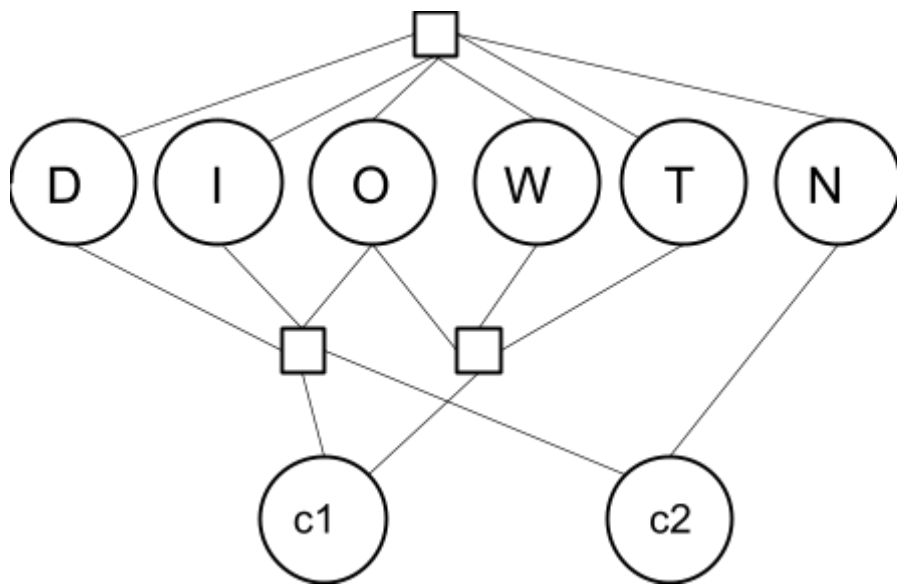
NOW عدد است. پس:  $N \neq 0$

$O + T = 10 * c_1 + w$

$D + I + c_1 = 10 * c_2 + O$

$N = c_2$

(ب)



ج)

ابتدا آرک کانسیستنی اعمال می کنیم تا دامنه متغیر ها به دامنه محدود شده برسد.

$$O, T, W \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$I, D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$c1 \in \{0, 1\}$$

$$N, c2 \in \{1\}$$

طبق MRV ابتدا باید به  $c2$  یا  $N$  مقدار بدهیم. در اینجا انتخاب به صورت رندم اتفاق می افتد.  $c2$  را انتخاب می کنیم. از آنجایی که با LCV ترتیب تغییری نمی کند پس ۱ را برای  $c2$  انتخاب می کنیم. سپس مجدد آرک کانسیستنی را اعمال می کنیم:

$$O, T, W \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$I, D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$c1 \in \{0, 1\}$$

$$N \in \{1\}, c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به N مقدار بدهیم. از آنجایی که با LCV ترتیب تغییری نمی کند پس ۱ را برای N انتخاب می کنیم. سپس مجدد آرک کانسیستنتسی را اعمال می کنیم:

$$O, T, W \in \{0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$I, D \in \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$c1 \in \{0, 1\}$$

$$N = c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به c1 مقدار بدهیم. طبق LCV اگر ۱ را انتخاب کنیم دامنه T و O نمیتوانند ۰ را داشته باشند زیرا ۰ به اضافه هیچ رقمی بزرگتر از ۱۰ نمی شود، پس ۰ را برای c1 انتخاب می کنیم. سپس مجدد آرک کانسیستنتسی را اعمال می کنیم:

$$T, W \in \{0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$O \in \{0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} \text{ (به دلیل اینکه جمع دو رقم ۱۹ نخواهد شد)}$$

$$I, D \in \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$c1 = 0, N = c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به D یا I مقدار بدهیم. اینجا انتخاب به صورت رندم اتفاق می افتد. D را انتخاب می کنیم. طبق LCV اگر ۲ را انتخاب کنیم، از دامنه I تمام متغیرها به جز ۸ حذف می شوند و دامنه O نیز به ۰ محدود می شود زیرا مجموع این دو متغیر به خاطر c2 باید بزرگتر مساوی ۱۰ باشد و یکان جمعشان نیز در O قرار می گیرد. پس ۲ بیشترین محدودیت دامنه را ایجاد می کند، به همین منوال ۳ متغیرها را به جز ۷ و ۹ در I و به جز ۰ و ۲ در O محدود می کند. به همین ترتیب اگر پیش برویم هرچه رقم بزرگتر باشد دامنه کمتری محدود می کند پس ۹ را انتخاب می کنیم. سپس مجدد آرک کانسیستنتسی را اعمال می کنیم:

$$T, W \in \{0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

$$O \in \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

$$I \in \{3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

$$D = 9, c1 = 0, N = c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به I مقدار بدهیم. طبق LCV اگر هر رقمی انتخاب شود فقط و فقط یک رقم در O می تواند موجود باشد اما اگر O برابر ۸ باشد، متغیر T باید ۰ باشد زیرا c1 برابر ۰ است و جمع O و T کمتر از ۱۰ باید باشد و همچنین دامنه W نیز صفا ۸ می شود. پس هر چه رقم انتخابی برای O کوچکتر باشد دامنه ها کمتر محدود می شوند پس I را باید ۳ مقدار بدهیم تا O بتواند برابر ۲ شود. سپس مجدد آرک کانسیستنتسی را اعمال می کنیم:

$$T, W \in \{0, 2, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

$$O \in \{2\}$$

$$I = 3, D = 9, c1 = 0, N = c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به O مقدار بدهیم. از آنجایی که با LCV ترتیب تغییری نمی کند پس 2 را برای O انتخاب می کنیم. سپس مجدد آرک کانسیستنتسی را اعمال می کنیم:

$$T \in \{4, 5\}$$

$$W \in \{6, 7\}$$

$$O = 2, I = 3, D = 9, c1 = 0, N = c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به T یا W مقدار بدهیم. اینجا انتخاب به صورت رندم اتفاق می افتد. T را انتخاب می کنیم. از آنجایی که با LCV ترتیب تغییری نمی کند زیرا هر T انتخاب کنیم یک مقدار خاص باید W باشد، پس ۴ را برای T انتخاب می کنیم. سپس مجدد آرک کانسیستنتسی را اعمال می کنیم:

$$W \in \{6\}$$

$$T = 4, O = 2, I = 3, D = 9, c1 = 0, N = c2 = 1$$

طبق MRV حالا باید به W مقدار بدهیم. از آنجایی که با LCV ترتیب تغییری نمی‌کند ۶ را برای W انتخاب می‌کنیم.

$$W = 6, T = 4, O = 2, I = 3, D = 9, c1 = 0, N = c2 = 1$$

(امتیازی ۱۰ نمره)

EAT

+ THAT

---

FROG

پاسخ این سوال همانند سوال قبل است. یک جوابی که در سوال کار میکند ارائه می‌گردد اما پاسخ کامل باید تمام مراحل سوال قبل را داشته باشد.

713

+ 3813

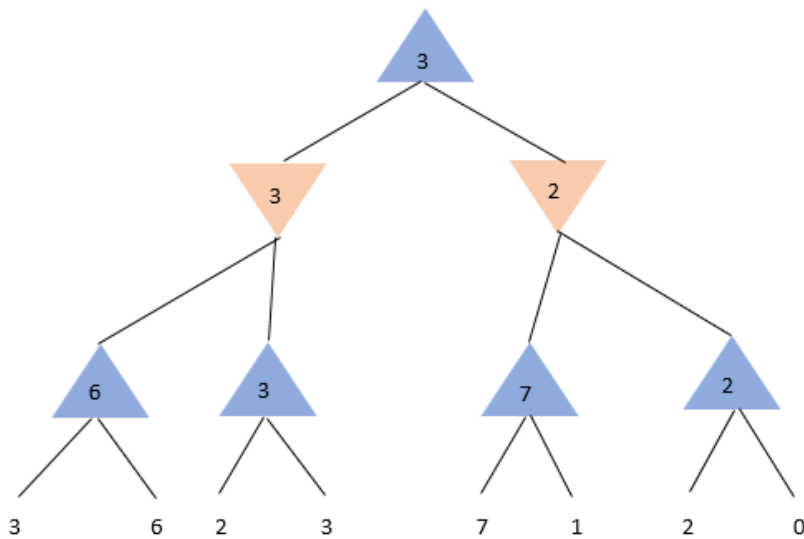
---

4526



سوال ۴ (۱۰ نمره)

(الف)

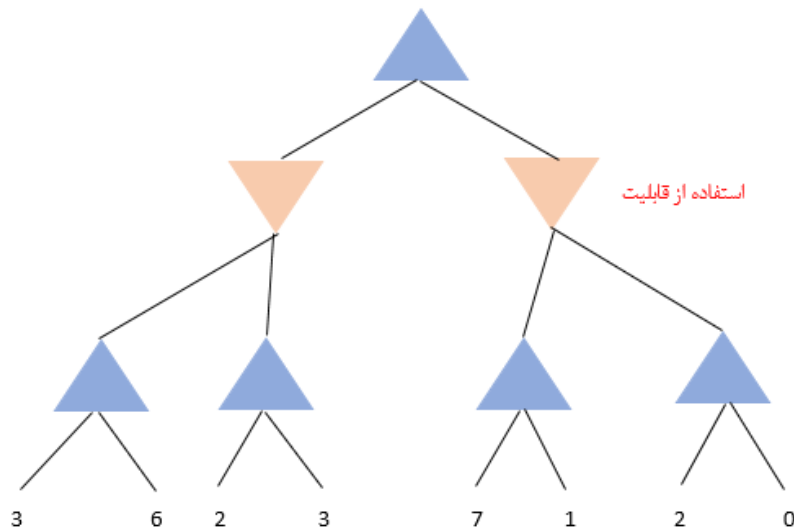


(ب)

۱- برای  $c=2$ :

در این حالت استفاده از قدرت بهینه است. عامل به راست حرکت می کند و از قابلیتش استفاده می کند و  $7-2=5$  را به دست می آورد (در واقع حریف را کنترل کرده و max را با در نظر گرفتن هزینه انتخاب می کند) با رفتن به

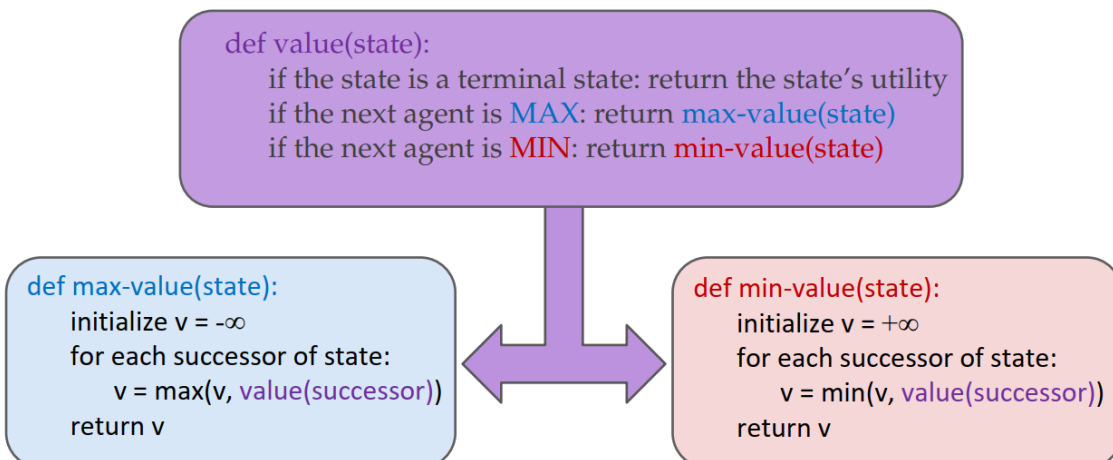
چپ نیز می‌تواند با استفاده از قابلیتش به  $6-2=4$  برسد، پس در هر صورت استفاده از آن بهتر است چون در حالت عادی مقدار minimax همان 3 است. اما اگر در سمت راست از قابلیتش استفاده کند بهینه است.



برای  $c=5$ :

در این حالت استفاده از قابلیت بهینه نیست چون رفتن به راست به  $7-5=2$  و رفتن به چپ به  $6-5=1$  منجر می‌شود که هر دو از نتیجه استفاده نکردن از آن که 3 است کم‌ترند.

۲- شبه کد اولیه و بدون تغییر به صورت زیر است:



تغییرات در تابع Min\_Value اعمال می‌شوند.

```
def min-value(state):
```

```
    initialize  $v = \infty$ 
```

```
    initialize  $v_m = -\infty$ 
```

```
    for each successor of state:
```

```
        temp = value(successor)
```

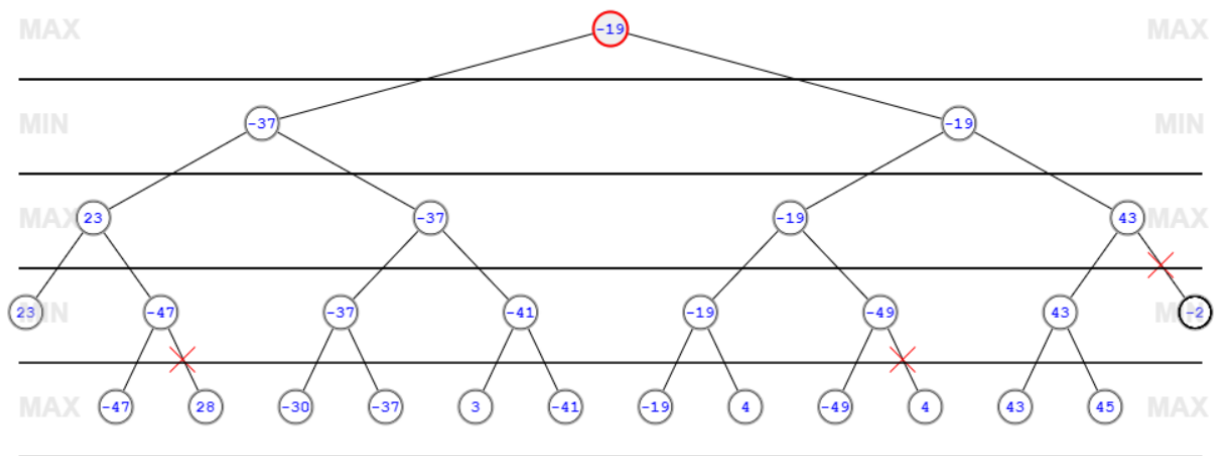
```
         $v = \min(v, \text{temp})$ 
```

```
         $v_m = \max(v_m, \text{temp})$ 
```

```
    end for
```

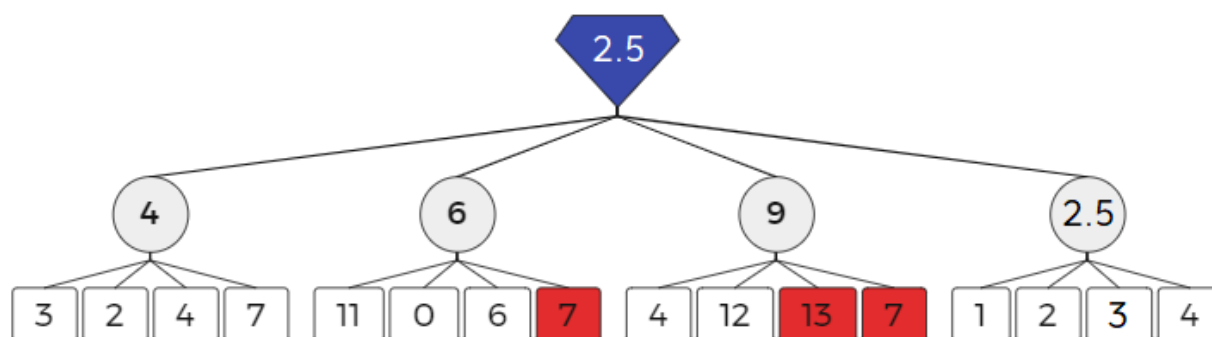
```
    return  $\max(v, v_m - c)$ 
```

(پ)



سوال ۵ (۲۰ نمره)

الف و ب) نود های قرمز در بخش ب هرس می شوند.



ج) دانستن این که مقادیر در یک بازه محدود یا نامثبت (مقادیر حد بالا داشته) باشند؛ احتمال فرزندان برابر و تعداد فرزندان ثابت باشد؛ یا احتمال هر شاخه مشخص باشد.

د)

الف)  $x \leq 2$

ب)  $x \leq 7$

ج) ممکن نیست.

د) ممکن نیست زیرا مجموع گره ها ضربدر احتمالشون، تا قبل از گره فعلی، در این نود احتمالی، از مقدار نود احتمالی قبلی بیشتر است و درخت اکسپکت مین است و بازه اعداد هم مثبت اند پس حتما حرص می شود.

