

بسمه تعالی



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پاسخنامه تمرین سری چهارم مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی

«فصل ششم»

نیم‌سال دوم ۹۹-۱۳۹۸

۱. فرض کنید در حال تهیه‌ی یک فهرست غذا برای یک مهمانی ویژه هستید. آن چه که می‌توان به‌عنوان پیش‌غذا، نوشیدنی، غذای اصلی و دسر انتخاب نمود

به شرح زیر است:

- پیش‌غذا (A): سبزیجات (ve)، حلزون (es)
- نوشیدنی (B): آب (wa)، لیموناد (so)، شیر (mi)
- غذای اصلی (C): ماهی (fi)، بیف (be)، پاستا (pa)
- دسر (D): کیک سیب (ap)، بستنی (ic)، پنیر (ch)

از آن‌جا که پذیرایی تمامی مهمانان با غذای یکسانی انجام می‌شود، این فهرست باید شامل محدودیت‌های زیر باشد:

- انتخاب سبزی‌خوارها: پیش‌غذا باید سبزیجات باشد و یا غذای اصلی پاستا یا ماهی (و یا هر دو) باشد.
- بودجه کلی: اگر شما حلزون را به‌عنوان پیش‌غذا انتخاب کرده باشید توانایی خرید نوشیدنی دیگری جز آب را ندارید.
- نیاز به کلسیم: شما باید حداقل یکی از موارد شیر، بستنی یا پنیر را داشته باشید.

الف) گراف محدودیت را برای متغیرهای A، B، C و D رسم کنید.

ب) برای یافتن راه‌حل این مسئله، از روش جستجوی عقب‌گرد قدم به قدم با اعمال forward checking و Degree و MRV مشخص کنید که چه مقداری به چه متغیری اختصاص می‌یابد و در هر قدم به دلیل انتخاب متغیر و مقدارش به اختصار اشاره کنید. با انتخاب مقدار es برای متغیر A کار خود را آغاز کنید. (در صورت یکسان بودن اولویت متغیرها یا مقدارها، به دلخواه عمل کنید).

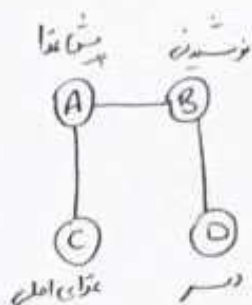
$$V = \{A, B, C, D\}$$

$$D_A = \{ve, es\}$$

$$D_B = \{wa, so, mi\}$$

$$D_C = \{fi, be, pa\}$$

$$D_D = \{ap, ic, ch\}$$



$$A = es \xrightarrow[\text{checking}]{\text{forward}} \begin{matrix} D_B = \{wa\} \\ D_C = \{fi, pa\} \\ D_D = \{ap, ic, ch\} \end{matrix} \xrightarrow{MRV} B = wa \xrightarrow[\text{checking}]{\text{forward}} \begin{matrix} D_C = \{fi, pa\} \\ D_D = \{ic, ch\} \end{matrix}$$

$$\xrightarrow{\text{معمولاً دلتازه}} C = fi, D = ic$$

$$\text{راه‌حل} \rightarrow A = es, B = wa, C = fi, D = ic$$

۲. مسئله رمزنگاری زیر را با الگوریتم backtracking به کمک تکنیک «پرش رو به عقب با هدایت برخورد (Conflicted-directed Backjumping)» و

با هیوریستیک‌های MRV و LCV به صورت دستی حل نمایید. (به دنبال این هستیم که هر حرف را به یک رقم نگاشت دهیم.)

$$\begin{array}{c} \otimes \quad AB \\ \quad BA \\ \hline CDA A \end{array}$$

(متغیرها و دامنه هریک و محدودیت هارا ذکر کرده و توجه کنید که رقم سمت چپ این عددها نمی‌تواند صفر باشد)

$$\begin{array}{r} AB \\ BA \\ \hline AA \quad AB \\ BA \quad BB \quad 0 \\ \hline C \quad D \quad A \quad A \end{array}$$

$AB = A + 10C_1$

$C_1 + AA + BB = A + 10C_2$

$C_2 + BA = D + 10C_3$

$C_3 = C$

$C \neq 0, A \neq 0, B \neq 0$

$AllDiff(A, B, C, D)$

اگرچه به هیوریستیک MRV می‌توانستیم از تغییرات C, B, A انتخاب کنیم، ولی چون به دنبال بهترین حالت هستیم، پس LCV را هم در نظر می‌گیریم. (توجه: در این صورت باید مطمئن شویم که مقادیر A و B در مقادیر C تکرار نمی‌شوند.)

$A=1 \quad Conf(A) = \{1\}$

\downarrow

$B=2 \quad Conf(B) = \{1, 2\}$

\downarrow

$C=1 \quad Conf(C) = \{1, 2, 3\}$

\downarrow

$C_1=1 \quad Conf(C_1) = \{1, 2, 3, 4\}$

\downarrow

$D=1 \quad Conf(D) = \{1, 2, 3, 4, 5\}$

\downarrow

\vdots

if $A=1 \quad D_0 = \{1\} \quad D_{C_1} = \{1, 2\}$

if $A=2 \quad D_0 = \{2\} \quad D_{C_1} = \{2, 3\}$

if $A=3 \quad D_0 = \{3\} \quad D_{C_1} = \{3, 4\}$

if $A=4 \quad D_0 = \{4\} \quad D_{C_1} = \{4, 5\}$

if $A=5 \quad D_0 = \{5\} \quad D_{C_1} = \{5, 6\}$

توجه: چون مقادیر A, B, C و C_1 را از ۱ تا ۵ قرار دادیم، پس مقادیر D و C_2 را از ۶ تا ۹ قرار می‌دهیم.

توجه: توجه داشته باشید که هیچ برصورت سوال استفاده از الگوریتم forward chaining نداریم. (توجه: در این صورت باید مطمئن شویم که مقادیر A, B, C و C_1 را از ۱ تا ۵ قرار دادیم، پس مقادیر D و C_2 را از ۶ تا ۹ قرار می‌دهیم.)

if $B=1 \quad D_{C_1} = \{1\} \quad D_{C_2} = \{1\}$

if $B=2 \quad D_{C_1} = \{2\}$

if $B=3 \quad D_{C_1} = \{3\} \quad D_{C_2} = \{3\}$

if $B=4 \quad D_{C_1} = \{4\}$

if $B=5 \quad D_{C_1} = \{5\} \quad D_{C_2} = \{5\}$

اگرچه به هیوریستیک MRV می‌توانستیم از تغییرات C, B, A انتخاب کنیم، ولی چون به دنبال بهترین حالت هستیم، پس LCV را هم در نظر می‌گیریم. (توجه: در این صورت باید مطمئن شویم که مقادیر A و B در مقادیر C تکرار نمی‌شوند.)

توجه: توجه داشته باشید که هیچ برصورت سوال استفاده از الگوریتم forward chaining نداریم. (توجه: در این صورت باید مطمئن شویم که مقادیر A, B, C و C_1 را از ۱ تا ۵ قرار دادیم، پس مقادیر D و C_2 را از ۶ تا ۹ قرار می‌دهیم.)

if $C=1 \quad D_0 = \{1\}$

if $C=2 \quad D_0 = \{2\}$

اگرچه به هیوریستیک MRV می‌توانستیم از تغییرات C, B, A انتخاب کنیم، ولی چون به دنبال بهترین حالت هستیم، پس LCV را هم در نظر می‌گیریم. (توجه: در این صورت باید مطمئن شویم که مقادیر A و B در مقادیر C تکرار نمی‌شوند.)

توجه: توجه داشته باشید که هیچ برصورت سوال استفاده از الگوریتم forward chaining نداریم. (توجه: در این صورت باید مطمئن شویم که مقادیر A, B, C و C_1 را از ۱ تا ۵ قرار دادیم، پس مقادیر D و C_2 را از ۶ تا ۹ قرار می‌دهیم.)

پس جواب نهایی: $A=1, B=2, C=3, D=4, C_1=1, C_2=2$

۳. فرض کنید پلیس به دنبال دستگیری فروشندگان مواد مخدر (D) به این نتیجه می‌رسد که فروشندگان در یک یا تعدادی از آپارتمان‌های زیر مخفی شده‌اند. از آن‌جا که در سایر آپارتمان‌ها خانواده‌های بدون فرزند (A)، خانواده‌های با فرزند کوچک (B)، خانواده‌های با فرزندان نوجوان (T) زندگی می‌کنند، پلیس قبل از شکستن در هر یک از آپارتمان‌ها تقریباً باید مطمئن باشد که فروشنده مواد مخدر در آن آپارتمان مخفی شده است. در غیر این صورت به دلیل ورود غیرمجاز از او شکایت می‌شود.

برای حدس زدن این که فروشندگان در کدام یک از آپارتمان‌ها قرار دارند، پلیس از این حقیقت استفاده می‌کند که معمولاً صداهای مختلفی از آپارتمان‌های مختلف شنیده می‌شود و هرگاه بین دو آپارتمان بایستد تنها صدای بلندتر را خواهد شنید. میزان بلندی صدا به ترتیب از زیاد به کم به صورت زیر است:

- صدای موسیقی (m) خانواده‌های دارای فرزند نوجوان (T)
- صدای گریه کردن (c) کودکان در خانواده‌های دارای فرزند کوچک (B)
- صدای موردنظر پلیس (r) از فروشندگان مواد مخدر (D)
- خانواده‌های بدون فرزند (A) معمولاً ساکت (s)

برای مثال اگر در یک آپارتمان یک کودک و در آپارتمان مجاور یک نوجوان وجود داشته باشد، صدایی که پلیس با ایستادن بین این دو آپارتمان می‌شنود صدای موسیقی (m) است. پلیس با ایستادن بین هر دو آپارتمان صداهای زیر را می‌شنود و تصمیم به حل آن با استفاده از CSP می‌گیرد. او متغیرها، دامنه‌ها و محدودیت‌ها را چگونه باید تعریف کند؟

1	2	3	4	5
m	c	r	m	

متغیرها: آپارتمان‌ها ۱ تا ۵
 $V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$

دامنه‌ها: دامنه هر متغیر نوع صدای که در آن زندگی می‌کند
 $D = \{A, B, T, D\}$

محدودیت‌ها:

Unary: $2 \neq T$ $3 \neq T$ $3 \neq B$ $4 \neq T$ $4 \neq B$

Binary:

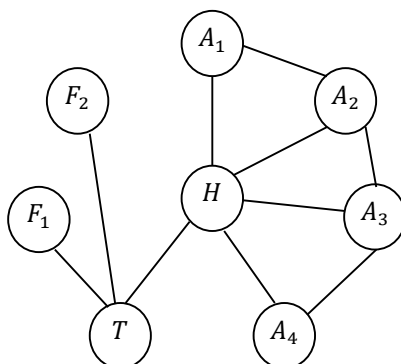
$1 = T$ or $2 = T$

$2 = B$ or $3 = B$

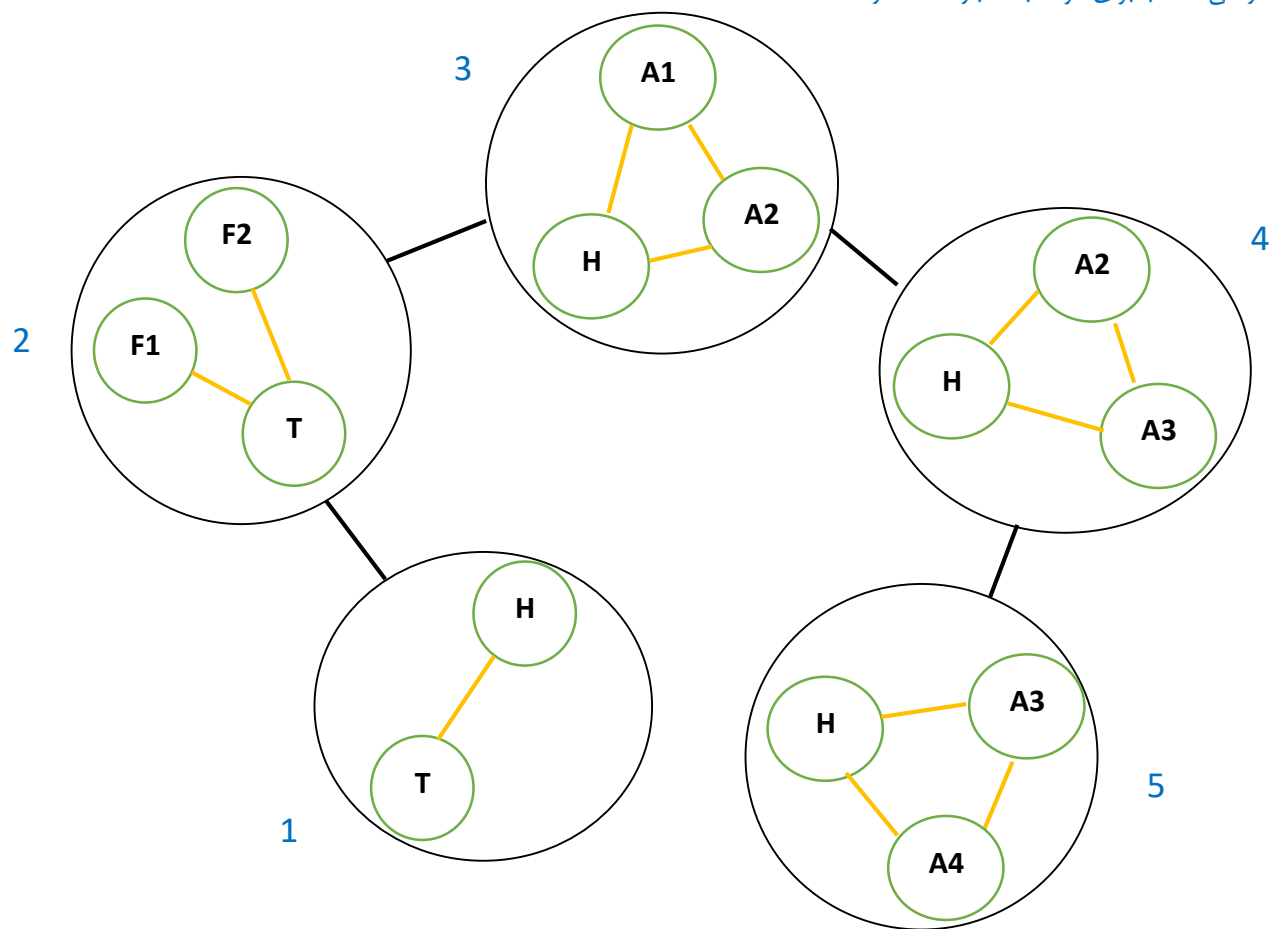
$3 = D$ or $4 = D$

$4 = T$ or $5 = T$

۴. با استفاده از روش تجزیه درختی یک راه‌حل برای گراف مسئله رنگ‌آمیزی زیر به دست آورید. دامنه H, T, A_1 و F_1 برابر با $\{R, B\}$ و دامنه سایر متغیرها برابر با $\{R, G, B\}$ می‌باشد.



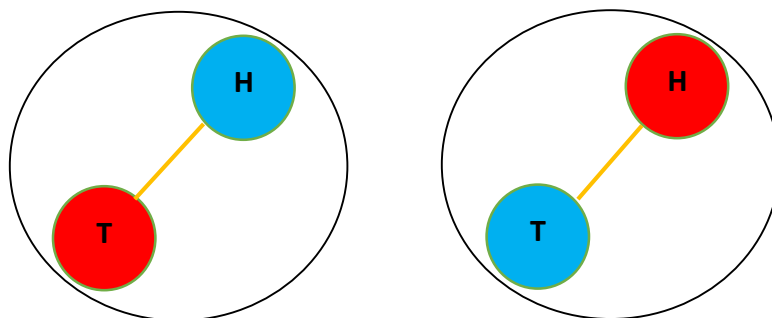
یک تجزیه درختی مناسب برای گراف بالا عبارت است از :



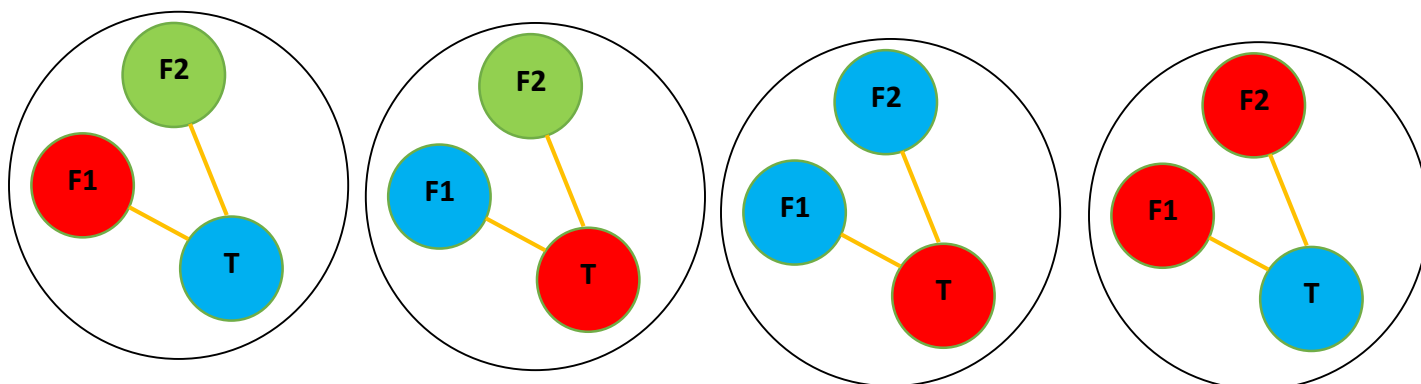
در گام بعد هر یک از زیر مسأله‌های بدست آمده را به طور مستقل حل کرده و جواب‌های هریک را به دست می‌آوریم.

برای حل هریک، از CSP با این محدودیت که رنگ خانه‌های مجاور نباید یکسان باشد، استفاده می‌کنیم :

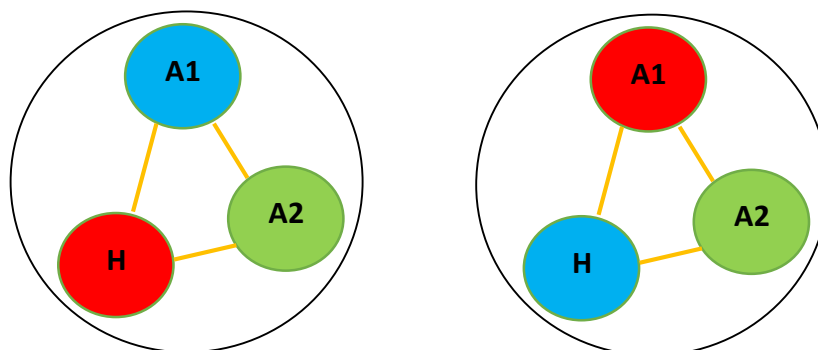
• زیرمساله ۱ :



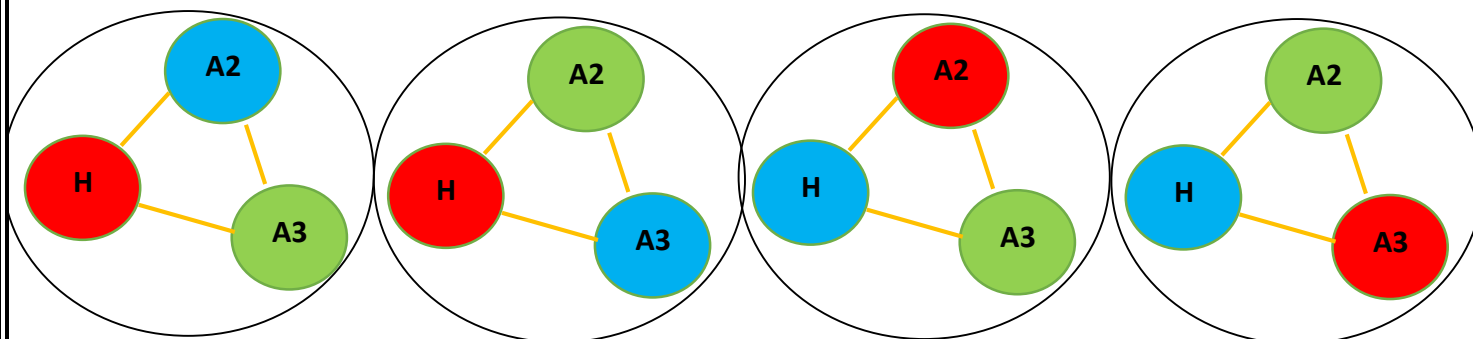
• زیرمساله ۲ :

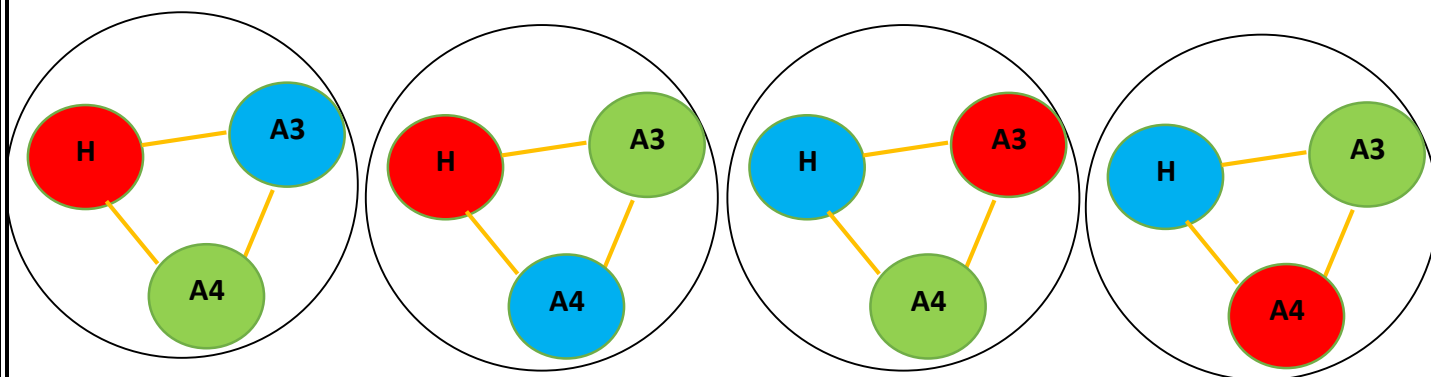


• زیرمساله ۳ :

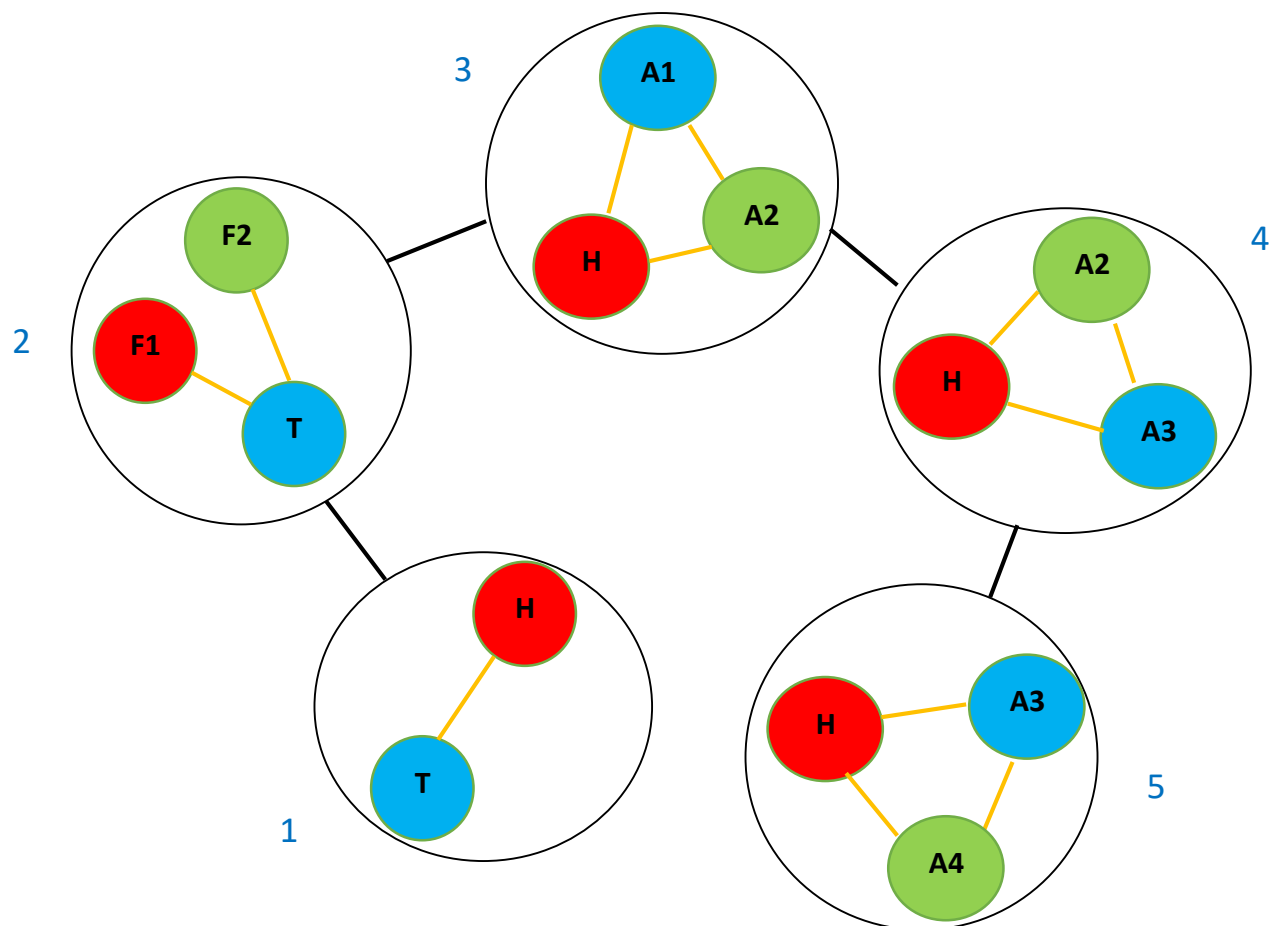


• زیرمساله ۴ :





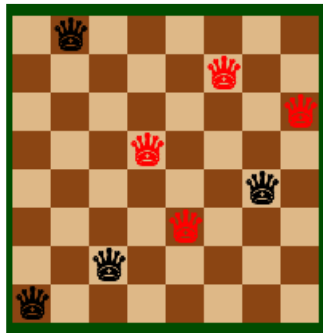
در گام نهایی به حل مساله کلی می‌پردازیم . در این مساله متغیرها همان زیرمساله‌های ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ بوده ، دامنه هریک همان جواب‌های به دست آمده برای آن بوده و محدودیت‌های آن ، یکسان بودن رنگ متغیرهای همنام در دو متغیر مجاور است. بنابراین با حل یک CSP به جواب نهایی رسیده که یک نمونه از آن به شکل زیر می‌باشد.



❖ جواب نهایی باید از طریق الگوریتم کارای درختی CSP به دست آید که روند آن باید در حل مساله انجام شود.

در این جواب ، برای متغیر ۱ مقدار دوم دامنه (جواب سمت راست) ، برای متغیر ۲ مقدار اول دامنه ، برای متغیر ۳ مقدار اول دامنه ، برای متغیر ۴ مقدار دوم دامنه و برای متغیر ۵ مقدار اول دامنه انتخاب شده است.

۵. در صفحه شطرنج زیر ، وزیرهای قرمز همدیگر را تهدید می کنند.



این مسئله را قصد داریم با استفاده از جستوجوی محلی CSP و با فرموله سازی حالت کامل حل کنیم. (در هر ستون یک وزیر)

الف) ۳ سطح از حل این مسئله به کمک هیوریستیک min-conflict را نشان دهید.

هیوریستیک min-conflict شامل ۲ گام می شود.

۱. به طور تصادفی یکی از متغیرهایی که ۱ یا بیشتر محدودیت را نقض میکنند ، انتخاب کن.

۲. یک مقداردهی جدید برای آن متغیر پیدا کن ، به طوری که تعداد محدودیت های نقض شده را کمینه کند.

Step 0:

	q						
				q			
						q	
			q				
						q	
				q			
		q					
q							

Step 1:

	q						2
					q		2
							1
			q				3
						q	1
				q			2
		q					2
q							2

از بین ۲ خانه ای که مقدار ۱ دارند ، یکی را به تصادفی انتخاب کرده و وزیر را در آن قرار می دهیم:

	q						
					q		
			q				
						q	q
				q			
		q					
q							

Step 2:

	q		2				
			2		q		
			1				
			1				
			4			q	q
			2	q			
		q	2				
q			3				

از بین ۲ خانه‌ای که مقدار ۱ دارند، یکی را به تصادفی انتخاب کرده و وزیر را در آن قرار می‌دهیم:

	q						
					q		
			q				
						q	q
				q			
		q					
q							

Step 3:

	1						
	1				q		
	2		q				
	0						
	3					q	q
	3			q			
	2	q					
q	2						

وزیر را در خانه‌ای که مقدار 0 دارد قرار می‌دهیم:

					q		
			q				
	q						
						q	q
				q			
		q					
q							

با ادامه همین رویه در نهایت می‌توان به جواب رسید.

(ب) به نظر شما چه ارتباطی میان هیوریستیک‌های MRV و min-conflict وجود دارد؟ توضیح دهید.

تفاوت‌های گوناگونی بین MRV و min-conflict وجود دارد، اما سه نکته اصلی که در اینجا به دنبال آن هستیم عبارتند از:

- MRV با یک انتساب خالی شروع کرده (متغیرها در ابتدا مقداری ندارند) و به دنبال مقداردهی کامل و سازگار است، در مقابل min-conflict با

یک انتساب ناسازگار شروع کرده و سعی در تصحیح آن دارد.

- زمانی که از MRV به همراه backtracking استفاده می‌کنیم ، همواره میتوانیم به پاسخ نهایی برسیم (یا به این نتیجه برسیم که CSP پاسخی ندارد) ؛ در مقابل ، min-conflict با توجه به ماهیت تصادفی بودن آن ، نمیتواند همچنین نتیجه‌ای را تضمین کند.
- در برخی از مسائل (برای مثال 8-queen) اثبات شده است که min-conflict بسیار سریعتر از MRV عمل می‌کند.

۶. امتیازی

فرض کنید شما مسئول برنامه‌ریزی پروازهای شرکت هواپیمایی ایران هستید. پروازهایی که صبح شنبه این شرکت هواپیمایی باید انجام دهد ، و مدت پرواز در زیر لیست شده اند:

a. پرواز تهران-اصفهان ، ۱:۳۰ ساعت

b. تهران-مشهد ، ۲ ساعت

c. مشهد-تهران ، ۲ ساعت

d. اصفهان-اهواز ، ۱:۳۰ ساعت

e. کیش-تهران ، ۲ ساعت

f. اهواز-مشهد ، ۴ ساعت

g. مشهد-اصفهان ، ۲:۳۰ ساعت

h. اصفهان-اهواز ، ۱:۳۰ ساعت

i. اهواز-مشهد ، ۴ ساعت

j. تهران-اصفهان ، ۲:۳۰ ساعت

k. اهواز-کیش ، ۱ ساعت

l. اصفهان-کیش ، ۱:۳۰ ساعت

m. کیش-مشهد ، ۳ ساعت

همچنین این شرکت هواپیمایی تنها ۳ خلبان داشته که در شهرهای تهران ، کیش و اهواز ساکن هستند . فرض کنید تمامی پروازهای ذکر شده باید در بازه زمانی ۷ صبح الی ۲۰ انجام شوند (یعنی تمامی پروازها بعد از ساعت ۷ انجام شده و تا قبل از ساعت ۲۰ تمامی هواپیماها به فرودگاه مقصد رسیده باشند) . همچنین هر ۳ خلبان ساعت ۶ صبح در محل فرودگاه حاضر اند.

هر خلبان برای جابه‌جایی بین هواپیماها و یا از فرودگاه به هواپیما ۱ ساعت زمان نیاز داشته باشد. شما مسئول این هستید که برای هریک از این پروازها ، ساعت شروع ذکر کنید . (برای مثال پرواز a ساعت ۷ ، پرواز b ساعت ۱۳ ، ... و پرواز k ساعت ۱۸) به کمک الگوریتم CSP به سوالات زیر پاسخ دهید :

الف) برای این مسئله دو نوع فرموله‌سازی CSP ارائه دهید . متغیرها ، دامنه‌ها و محدودیت هارا در هریک به طور کامل ذکر کنید .

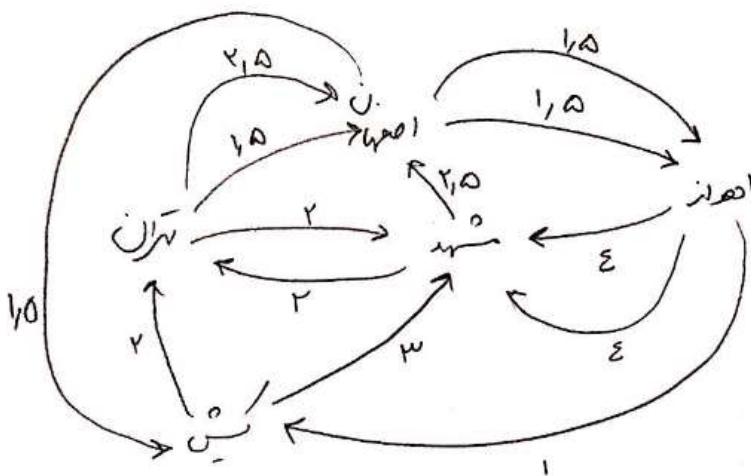
- متغیرها را پروازها قرار داده ، دامنه آن زوج (زمان شروع پرواز و خلبان) و محدودیت ها ، حضور خلبان در مبدا پرواز (یعنی بین هر دو پرواز مقصد قبلی ، مبدا بعدی باشد و بین پایان زمان قبلی و شروع بعدی یک ساعت زمان برای جابه‌جایی خلبان موجود باشد) و زمان شروع و پایان همه‌ی پروازها در بازه ۷-۲۰ باشد.

- متغیرها خلبان‌ها باشند ، دامنه آن‌ها مجموعه ای از پروازها باشد و محدودیت‌ها حضور خلبان در مبدأ پرواز (یعنی بین هر دو پرواز مقصد قبلی ، مبدأ بعدی باشد و بین پایان زمان قبلی و شروع بعدی یک ساعت زمان برای جابه‌جایی خلبان موجود باشد) ، زمان شروع و پایان همه‌ی پروازها در بازه ۷-۲۰ باشد و تمام پروازها توسط ۳ خلبان پوشش داده شود.

ب) یک پاسخ برای این مسئله پیدا کنید.

خلبان ۱ در تهران ، ۲ در کیش و ۳ در اهواز است.

میخواهیم با ۳ مسیر که شروع آنها شهرهای بالا بوده کل یالهای گراف را پوشش دهیم به طوری که هزینه مسیر از ۱۳ (۷-۲۰) کمتر باشد. (با گذشت از هر راس یک واحد به هزینه مسیر اضافه می‌شود.



یک پاسخ برای آن عبارت از :

خلبان ۱ :

b : ۷-۹ , g : ۱۰-۱۲:۳۰ , d : ۱۳:۳۰-۱۵ , f : ۱۶-۲۰.

خلبان ۲ :

e : ۷-۹ , a : ۱۰-۱۱:۳۰ , h : ۱۲:۳۰-۱۴ , k : ۱۵-۱۶ , m : ۱۷-۲۰.

خلبان ۳ :

i : ۷-۱۱ , c : ۱۲-۱۴ , j : ۱۵-۱۷:۳۰ , l : ۱۸:۳۰-۲۰.