

## «به نام خدا»

### تمرین جلسه 9 هوش – مرضیه علیدادی – 9631983

#### الف) dual transformation :

در نمونه CSP ورودی، 18 تا قید وجود دارد. به ازای هر کدام از این قید ها، یک variable در نمونه binary CSP حاصل وجود خواهد داشت. که بین هر زوج variable ای که در قید نظیر آن ها در نمونه ی اولیه، متغیر(های) مشترکی وجود داشته است، یک قید در نمونه ی binary CSP حاصل وجود خواهد داشت.

- چند تا از variable ها را به این صورت تعریف می کنیم:

clause1: $\neg x_3 \vee \neg x_6 \vee x_9$	$\rightarrow$	$C_1(x_3, x_6, x_9)$
clause2: $\neg x_2 \vee x_4 \vee \neg x_9$	$\rightarrow$	$C_2(x_2, x_4, x_9)$
clause3: $\neg x_1 \vee \neg x_5 \vee x_8$	$\rightarrow$	$C_3(x_1, x_5, x_8)$
clause4: $\neg x_2 \vee x_7 \vee \neg x_8 \vee \neg x_9$	$\rightarrow$	$C_4(x_2, x_7, x_8, x_9)$
clause5: $\neg x_5 \vee \neg x_6$	$\rightarrow$	$C_5(x_5, x_6)$
clause6: $x_2 \vee x_7$	$\rightarrow$	$C_6(x_2, x_7)$

- دامنه ی هر کدام از این variable ها، به این صورت است:

$$\begin{aligned}
 D(C_1) &= \{ (0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,1) \} \\
 D(C_2) &= \{ (0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,1,0), (1,1,1) \} \\
 D(C_3) &= \{ (0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,1) \} \\
 D(C_4) &= \{ (0,0,0,0), (0,0,0,1), (0,0,1,0), (0,0,1,1), (0,1,0,0), (0,1,0,1), \\
 &\quad (0,1,1,0), (0,1,1,1), (1,0,0,0), (1,0,0,1), (1,0,1,0), (1,1,0,0), \\
 &\quad (1,1,0,1), (1,1,1,0), (1,1,1,1) \} \\
 D(C_5) &= \{ (0,0), (0,1), (1,0) \} \\
 D(C_6) &= \{ (0,1), (1,0), (1,1) \}
 \end{aligned}$$

- قیود بین این variable ها به ترتیبی انتخاب می شوند، که مقدارهایی را اتخاذ کنند، که هم در دامنه ی آن ها باشد، و هم دو variable با هم compatible باشند. 5 تا از قید های نمونه binary CSP حاصل عبارتند از:

- قید 1) در دو variable شماره 1 و 2،  $x_9$  مشترک است. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$\begin{aligned}
 < (C_1, C_2), \{ ((0,0,0),(0,0,0)), ((0,0,0),(0,1,0)), ((0,0,0),(1,0,0)), ((0,0,0),(1,1,0)), \\
 &\quad ((0,0,1),(0,0,1)), ((0,0,1),(0,1,1)), ((0,0,1),(1,1,1)), \\
 &\quad ((0,1,0),(0,0,0)), ((0,1,0),(0,1,0)), ((0,1,0),(1,0,0)), ((0,1,0),(1,1,0)), \\
 &\quad ((0,1,1),(0,0,1)), ((0,1,1),(0,1,1)), ((0,1,1),(1,1,1)), \\
 &\quad ((1,0,0),(0,0,0)), ((1,0,0),(0,1,0)), ((1,0,0),(1,0,0)), ((1,0,0),(1,1,0)), \\
 &\quad ((1,0,1),(0,0,1)), ((1,0,1),(0,1,1)), ((1,0,1),(1,1,1)), \\
 &\quad ((1,1,1),(0,0,1)), ((1,1,1),(0,1,1)), ((1,1,1),(1,1,1)) \} >
 \end{aligned}$$

- قید 2) در دو variable شماره 1 و 5 ،  $x_6$  مشترک است. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$\begin{aligned} < (C_1, C_5), \{ ((0,0,0),(0,0)), ((0,0,0),(1,0)), \\ &((0,0,1),(0,0)), ((0,0,1),(1,0)), \\ &((0,1,0),(0,1)), \\ &((0,1,1),(0,1)), \\ &((1,0,0),(0,0)), ((1,0,0),(1,0)), \\ &((1,0,1),(0,0)), ((1,0,1),(1,0)), \\ &((1,1,1),(0,1)) \} > \end{aligned}$$

- قید 3) در دو variable شماره 2 و 6 ،  $x_2$  مشترک است. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$\begin{aligned} < (C_2, C_6), \{ ((0,0,0),(0,1)), \\ &((0,0,1),(0,1)), \\ &((0,1,0),(0,1)), \\ &((0,1,1),(0,1)), \\ &((1,0,0),(1,0)), ((1,0,0),(1,1)), \\ &((1,1,0),(1,0)), ((1,1,0),(1,1)), \\ &((1,1,1),(1,0)), ((1,1,1),(1,1)) \} > \end{aligned}$$

- قید 4) در دو variable شماره 3 و 5 ،  $x_5$  مشترک است. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$\begin{aligned} < (C_3, C_5), \{ ((0,0,0),(0,0)), ((0,0,0),(0,1)), \\ &((0,0,1),(0,0)), ((0,0,1),(0,1)), \\ &((0,1,0),(1,0)), \\ &((0,1,1),(1,0)), \\ &((1,0,0),(0,0)), ((1,0,0),(0,1)), \\ &((1,0,1),(0,0)), ((1,0,1),(0,1)), \\ &((1,1,1),(1,0)) \} > \end{aligned}$$

- قید 5) در دو variable شماره 4 و 6 ،  $x_2$  مشترک است. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$\begin{aligned} < (C_4, C_6), \{ ((0,0,0,0),(0,1)), \\ &((0,0,0,1),(0,1)), \\ &((0,0,1,0),(0,1)), \\ &((0,0,1,1),(0,1)), \\ &((0,1,0,0),(0,1)), \\ &((0,1,0,1),(0,1)), \\ &((0,1,1,0),(0,1)), \\ &((0,1,1,1),(0,1)), \\ &((1,0,0,0),(1,0)), ((1,0,0,0),(1,1)), \\ &((1,0,0,1),(1,0)), ((1,0,0,1),(1,1)), \\ &((1,0,1,0),(1,0)), ((1,0,1,0),(1,1)), \\ &((1,1,0,0),(1,0)), ((1,1,0,0),(1,1)), \\ &((1,1,0,1),(1,0)), ((1,1,0,1),(1,1)), \\ &((1,1,1,0),(1,0)), ((1,1,1,0),(1,1)), \\ &((1,1,1,1),(1,0)), ((1,1,1,1),(1,1)) \} > \end{aligned}$$

## ب) hidden transformation :

در نمونه CSP ورودی، 18 تا قید وجود دارد. به ازای هر کدام از این قید ها، یک variable در نمونه binary CSP حاصل وجود خواهد داشت. البته variable های اصلی نمونه CSP ورودی هم هنوز به عنوان variable نگه داشته می شوند. یک گراف دو بخشی تشکیل می شود که یک بخش آن، شامل variable های نظیر متغیر های CSP ورودی است، و بخش دیگر آن شامل variable های نظیر قیود CSP ورودی است. بین متغیر های نظیر قیود نمونه CSP ورودی و متغیر های نظیر متغیر های نمونه CSP ورودی، که در constraint آن قیود ظاهر شده اند، قیودی در نمونه binary CSP حاصل وجود خواهد داشت.

- چند تا از variable های نظیر قیود نمونه CSP ورودی را به این صورت تعریف می کنم:

$$\begin{array}{ll} \text{clause1: } \neg x_3 \vee \neg x_6 \vee x_9 & \rightarrow C_1(x_3, x_6, x_9) \\ \text{clause2: } \neg x_2 \vee x_4 \vee \neg x_9 & \rightarrow C_2(x_2, x_4, x_9) \\ \text{clause3: } \neg x_1 \vee \neg x_5 \vee x_8 & \rightarrow C_3(x_1, x_5, x_8) \\ \text{clause4: } \neg x_2 \vee x_7 \vee \neg x_8 \vee \neg x_9 & \rightarrow C_4(x_2, x_7, x_8, x_9) \\ \text{clause5: } \neg x_5 \vee \neg x_6 & \rightarrow C_5(x_5, x_6) \\ \text{clause6: } x_2 \vee x_7 & \rightarrow C_6(x_2, x_7) \end{array}$$

- دامنه ی هر کدام از این variable ها، به این صورت است:

$$\begin{aligned} D(C_1) &= \{ (0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,1) \} \\ D(C_2) &= \{ (0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,1,0), (1,1,1) \} \\ D(C_3) &= \{ (0,0,0), (0,0,1), (0,1,0), (0,1,1), (1,0,0), (1,0,1), (1,1,1) \} \\ D(C_4) &= \{ (0,0,0,0), (0,0,0,1), (0,0,1,0), (0,0,1,1), (0,1,0,0), (0,1,0,1), \\ &\quad (0,1,1,0), (0,1,1,1), (1,0,0,0), (1,0,0,1), (1,0,1,0), (1,1,0,0), \\ &\quad (1,1,0,1), (1,1,1,0), (1,1,1,1) \} \\ D(C_5) &= \{ (0,0), (0,1), (1,0) \} \\ D(C_6) &= \{ (0,1), (1,0), (1,1) \} \end{aligned}$$

- variable های نظیر متغیر های نمونه CSP ورودی هم به این صورت هستند:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$$

- که این متغیر ها boolean هستند و دامنه ی آن ها به این صورت است:

$$\{ 0, 1 \}$$

- قیود بین این دو دسته variable به ترتیبی انتخاب می شوند، که مقدارهایی را اخذ کنند، که هم در دامنه ی آن ها باشد، و هم دو variable با هم compatible باشند. 5 تا از قیدهای نمونه binary CSP حاصل عبارتند از:

- قید 1) متغیر  $x_1$  در قید نظیر  $C_3$  حضور دارد. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$< (x_1, C_3), \{ (0,(0,0,0)), (0,(0,0,1)), (0,(0,1,0)), (0,(0,1,1)), \\ (1,(1,0,0)), (1,(1,0,1)), (1,(1,1,1)) \} >$$

- قید 2) متغیر  $x_2$  در قید نظیر  $C_2$  حضور دارد. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$< (x_2, C_2), \{ (0,(0,0,0)), (0,(0,0,1)), (0,(0,1,0)), (0,(0,1,1)), \\ (1,(1,0,0)), (1,(1,1,0)), (1,(1,1,1)) \} >$$

- قید 3) متغیر  $x_2$  در قید نظیر  $C_6$  حضور دارد. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$< (x_2, C_6), \{ (0,(0,1)), \\ (1,(1,0)), (1,(1,1)) \} >$$

- قید 4) متغیر  $x_3$  در قید نظیر  $C_1$  حضور دارد. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$< (x_3, C_1), \{ (0,(0,0,0)), (0,(0,0,1)), (0,(0,1,0)), (0,(0,1,1)), \\ (1,(1,0,0)), (1,(1,0,1)), (1,(1,1,1)) \} >$$

- قید 5) متغیر  $x_9$  در قید نظیر  $C_2$  حضور دارد. لذا قید زیر را موجب می شود:

$$< (x_9, C_2), \{ (0,(0,0,0)), (0,(0,1,0)), (0,(1,0,0)), (0,(1,1,0)), \\ (1,(0,0,1)), (1,(0,1,1)), (1,(1,1,1)) \} >$$