

هوش مصنوعی، رهیافتی نوین

فصل پنجم: «مسایل ارضای محدودیت»

مدرس:

زهر سادات عصایی معمم

دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

مسایل ارضای محدودیت (CSP)

- مسایل ارضای محدودیت چیست؟

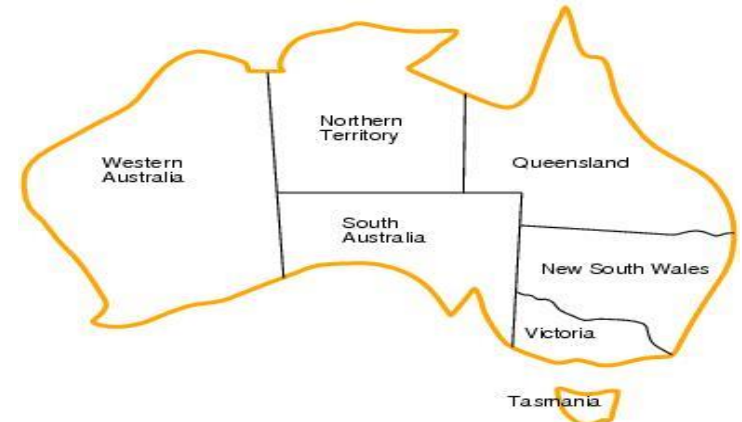
1. مجموعه محدودی از متغیرها (V_1, V_2, \dots, V_n)
2. مجموعه محدودی از شروط $(C1, C2, \dots, Cm)$
3. مجموعه غیر تهی از مقادیر برای متغیرها $(D_{V1}, D_{V2}, \dots, D_{Vn})$
4. هر شرط مقادیر هر متغیر را محدود می کند.

مسایل ارضای محدودیت (CSP)

- حالت (state): انتساب (*assignment*) مقادیر به یک یا چند متغیر را گویند.
- انتساب سازگار (*consistent assignment*): انتسابی که هیچ شرطی را نقض نکند.
- انتساب کامل (*complete assignment*): انتسابی که در آن همه‌ی متغیرها مقدار گرفته باشند.
- ✓ راه حل در CSP یک **انتساب کامل و سازگار** است.

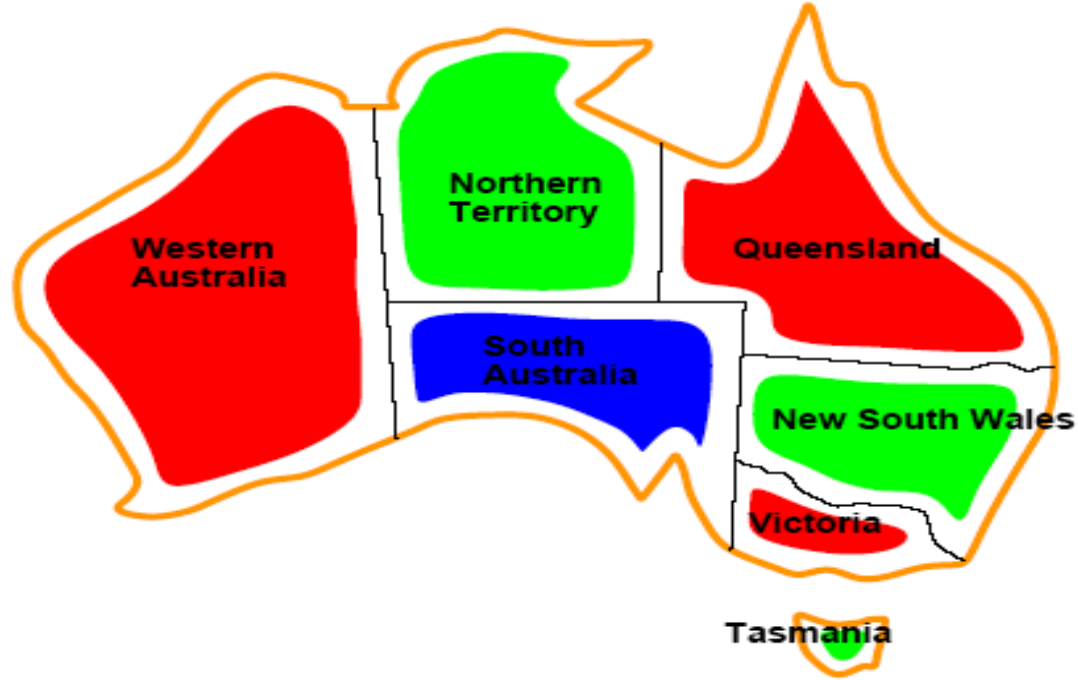
مثال: رنگ آمیزی گراف

- متغیرها: WA, NT, Q, NSW, V, SA, T
- دامنه‌ها: $D_i = \{red, green, blue\}$
- شروط: نواحی همجوار باید رنگ‌های متفاوت داشته باشند.
- E.g. $WA \neq NT$ (if the language allows this)
- E.g. $(WA, NT) \neq \{(red, green), (red, blue), (green, red), \dots\}$

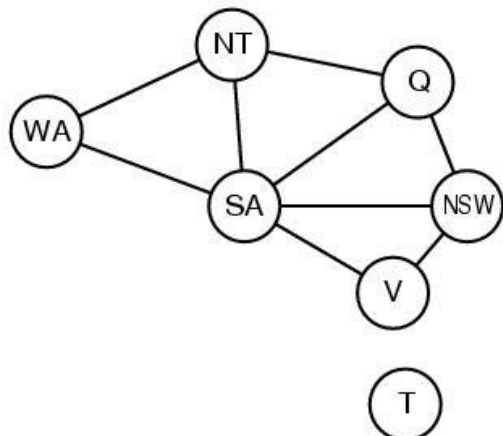


مثال: رنگ آمیزی گراف

$\{WA=red, NT=green, Q=red, NSW=green, V=red, SA=blue, T=green\}$



گراف محدودیت



- مزایای CSP:

1. الگوی تعریف یکسان
2. توابع جانشینی و هدف عمومی
3. توابع هیوریستیک عمومی

- گراف محدودیت: گره‌ها متغیرها و لبه‌ها بیانگر محدودیت هستند.
- شهر T یک مساله مستقل است.

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

انواع CSP

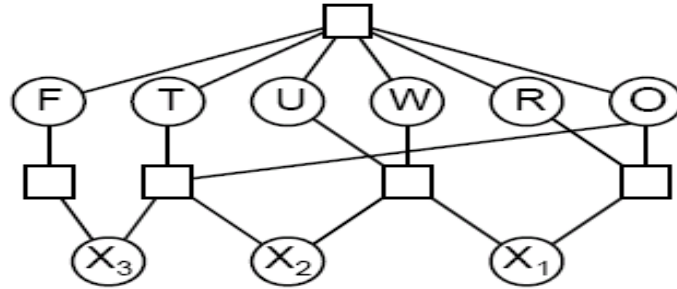
- متغیرهای گسسته (Discrete variables)
 - دامنه محدود
 - دامنه نامحدود
- متغیرهای پیوسته (Continuous variables)

انواع محدودیت‌ها

- محدودیت های یکانی: شامل یک متغیر است. $SA \neq green$
- محدودیت دودویی: شامل یک جفت متغیر است. $SA \neq WA$
- محدودیت با مرتبه بالاتر: شامل سه یا بیشتر متغیر است. *Cryptharithmetic*
- محدودیت نرم: از طریق تعریف هزینه برای انتساب هر متغیر ممکن است. قرمز بهتر از سبز است.

cryptarithmic

$$\begin{array}{r} \text{TWO} \\ + \text{TWO} \\ \hline \text{FOUR} \end{array}$$



Variables: $F, T, U, W, R, O, X_1, X_2, X_3$

Domains: $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Constraints

$\text{alldiff}(F, T, U, W, R, O)$

$O + O = R + 10 \cdot X_1$, etc.

CSP به عنوان جستجوی استاندارد

- حالت شروع: انتساب تهی
- تابع جانشینی: انتساب مقدار به متغیرهای مقدار نگرفته به صورتیکه تداخل پیش نیاید.
- آزمون هدف: آیا انتساب کامل است؟
- هزینه مسیر: مجموع هزینه در هر مرحله

CSP به عنوان جستجوی استاندارد

- مزایا:

1. برای همه مسایل یکسان است.
2. راه حل در عمق d وجود دارد. (اگر n متغیر وجود داشته باشد.)
3. هزینه مسیر مهم نیست.

جابجایی

- CSP ها جابجایی (commutative) هستند.
 - یعنی ترتیب اجرای اعمال تاثیری بر روی نتیجه نخواهد داشت.
- $$WA=\text{red then } NT=\text{green}] = [NT=\text{green then } WA=\text{red}]$$

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

جستجوی عقبگرد

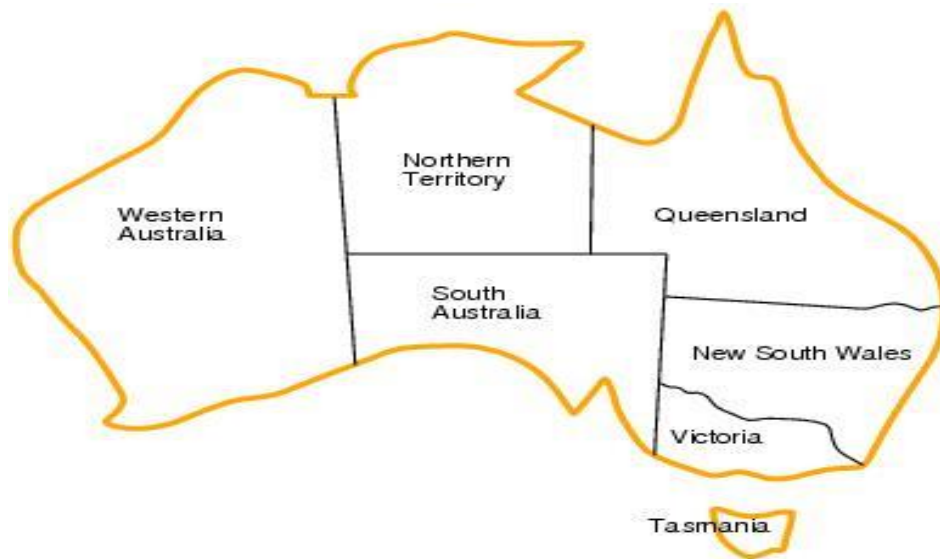
- در هر مرحله مقدار (مقادیر) به یک متغیر انتساب می دهد و هرگاه مقداری برای یک متغیر باقی نمانده بود، باید عقبگرد کند.
- جستجوی ناآگاهانه همانند جستجوی عمقی است.
- کارایی نامناسب خواهد داشت. (جدول در صفحه ۱۴۳)

جستجوی عقبگرد

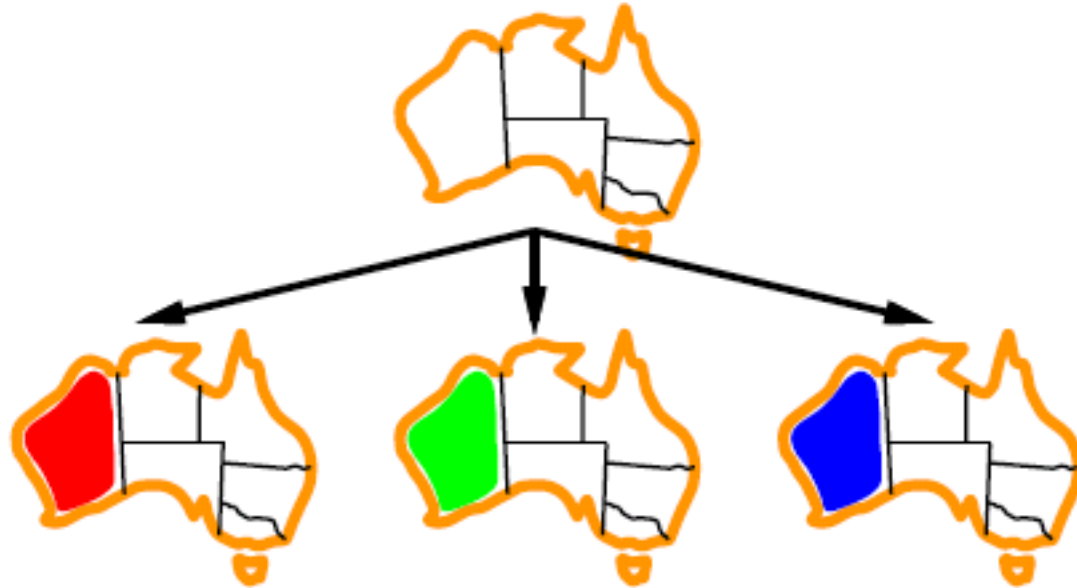
function BACKTRACKING-SEARCH(*csp*) **return** a solution or failure
 return RECURSIVE-BACKTRACKING($\{\}$, *csp*)

function RECURSIVE-BACKTRACKING(*assignment*, *csp*) **return** a solution or failure
 if *assignment* is complete **then return** *assignment*
 var \leftarrow SELECT-UNASSIGNED-VARIABLE(VARIABLES[*csp*], *assignment*, *csp*)
 for each *value* **in** ORDER-DOMAIN-VALUES(*var*, *assignment*, *csp*) **do**
 if *value* is consistent with *assignment* according to CONSTRAINTS[*csp*] **then**
 add {*var=**value*} to *assignment*
 result \leftarrow RECURSIVE-BACKTRACKING(*assignment*, *csp*)
 if *result* \neq failure **then return** *result*
 remove {*var=**value*} from *assignment*
 return failure

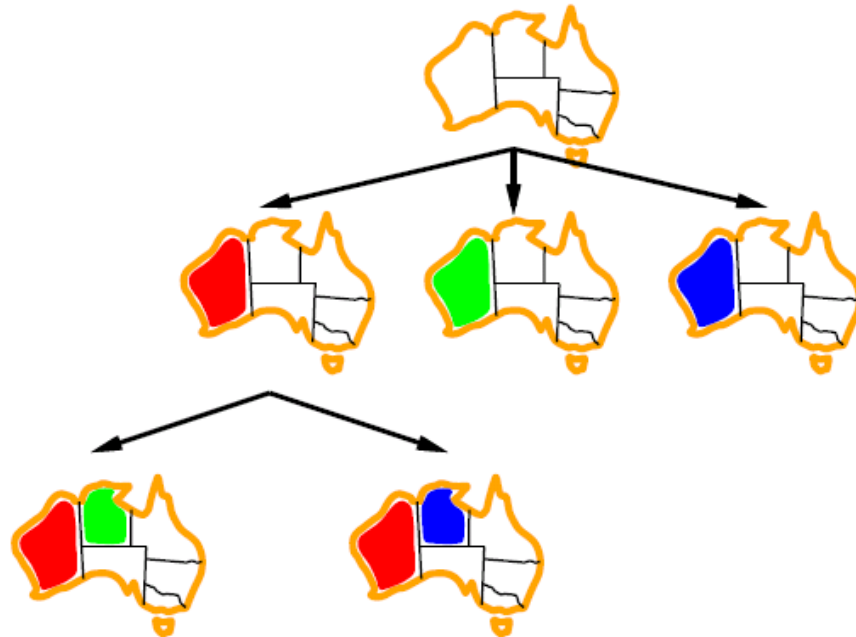
جستجوی عقبگرد



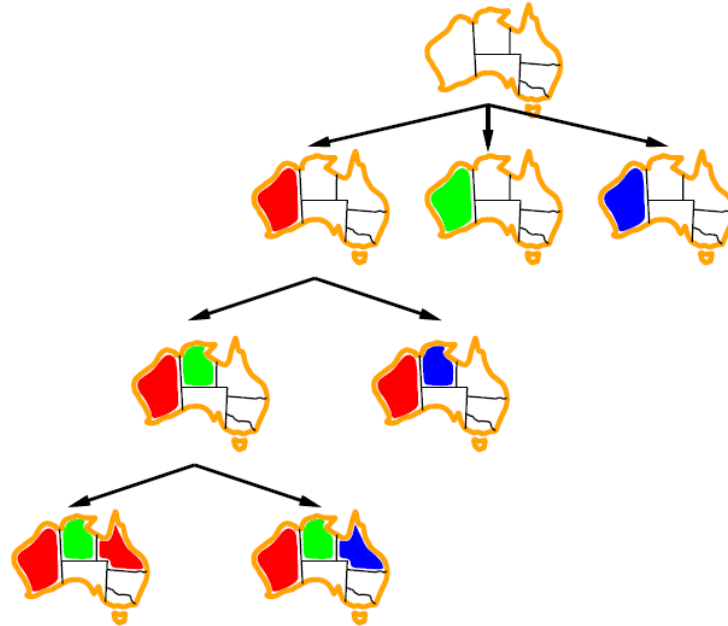
جستجوی عقبگرد



جستجوی عقبگرد



جستجوی عقبگرد



فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

فهرست مطالب

- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

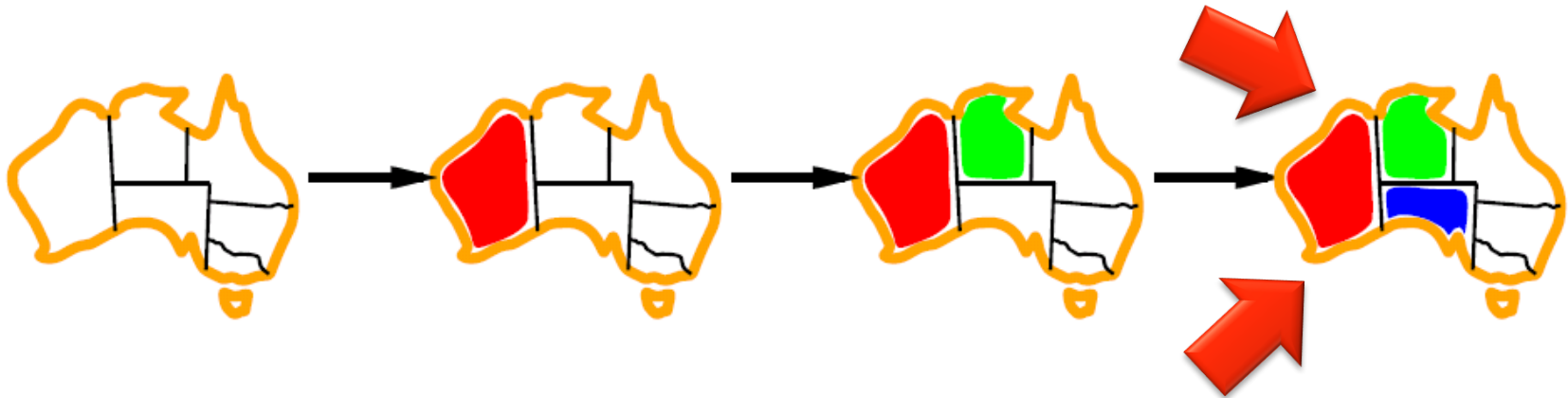
بهبود جستجوی عقبگرد

- ابداع تابع هیوریستیک

1. کدام متغیر در مرحله بعد، باید مقدار بگیرد؟
2. ترتیب انتساب مقدار چگونه باشد؟
3. آیا یک شکست غیر قابل اجتناب را می توان پیش بینی نمود؟
4. آیا از مزایای ساختار مساله می توان بهره برد؟

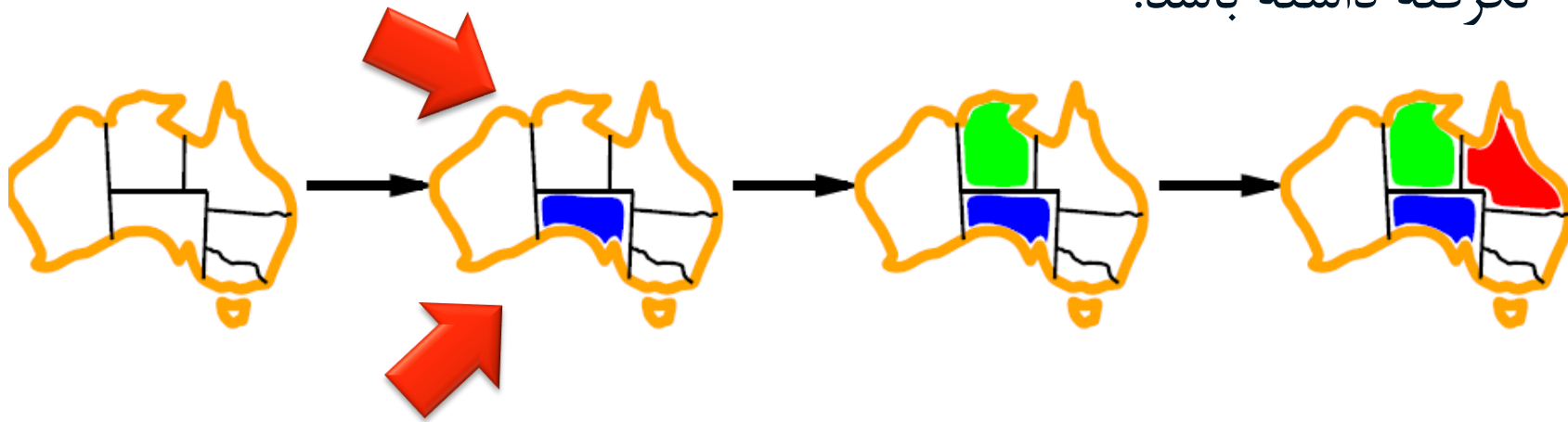
Minimum remaining values

- هیوریستیک انتخاب متغیر با بیشترین درگیری
most constrained variable heuristic
- قانون: انتخاب متغیر با کمترین مقدار مجاز باقی مانده



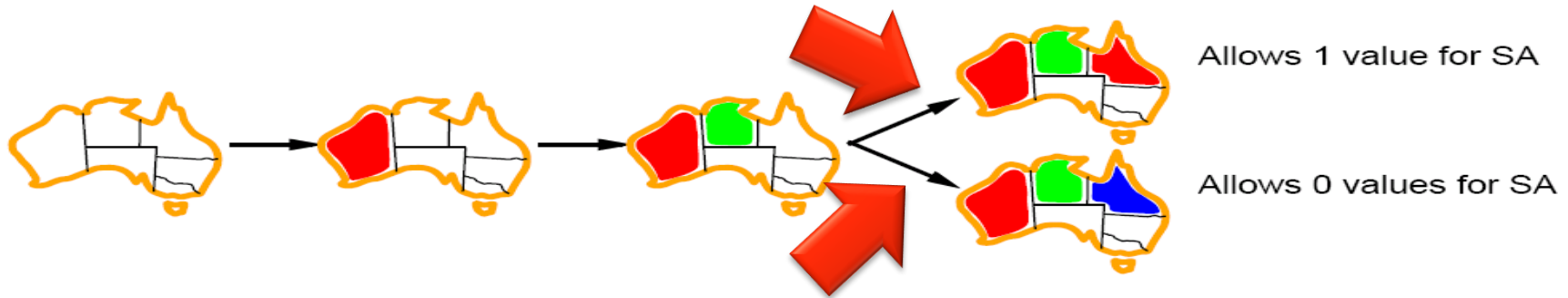
Degree heuristic

- هیوریستیک درجه (میزان درگیری)
- قانون: متغیری انتخاب شود که بیشترین درگیری را با متغیرهای مقدار نگرفته داشته باشد.



Least constraining value

- هیوریستیک با انتخاب مقدار کمترین محدود کننده
- قانون: اگر یک متغیر انتخاب شود، مقداری به آن انتساب داده شود که بیشترین انعطاف را برای گره های همسایه ایجاد کند. به عبارت دیگر مقداری که کمترین محدودیت یا بیشترین مقدار را برای گره های همسایه باقی گذارد.

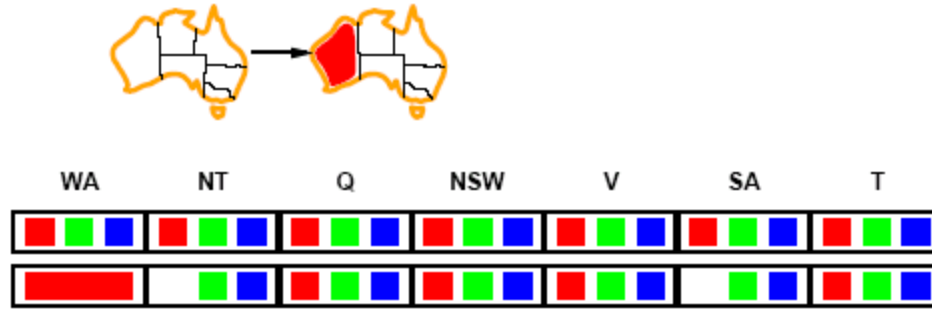


Forward checking

- ایده: مقادیر مجاز باقی مانده برای هر متغیر مقدار نگرفته را نگه داشته می شود.
- جستجو زمانی متوقف می شود که برای یک متغیر مقدار مجازی وجود نداشته باشد.

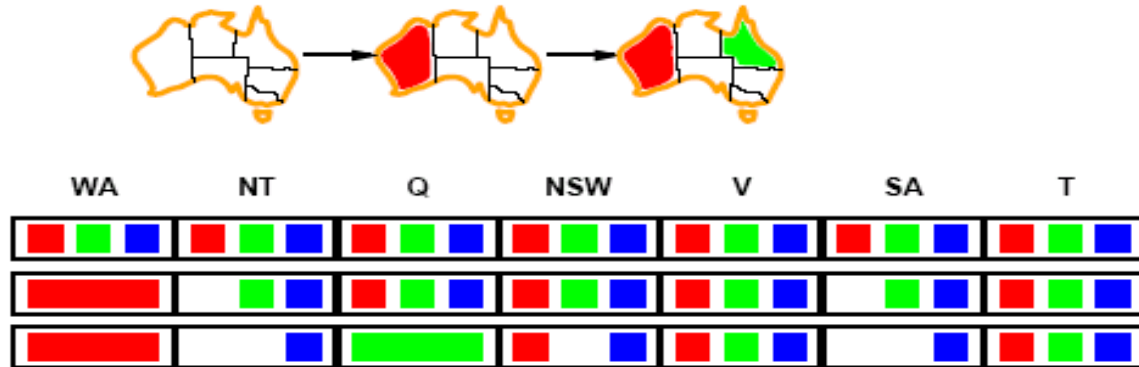


Forward checking



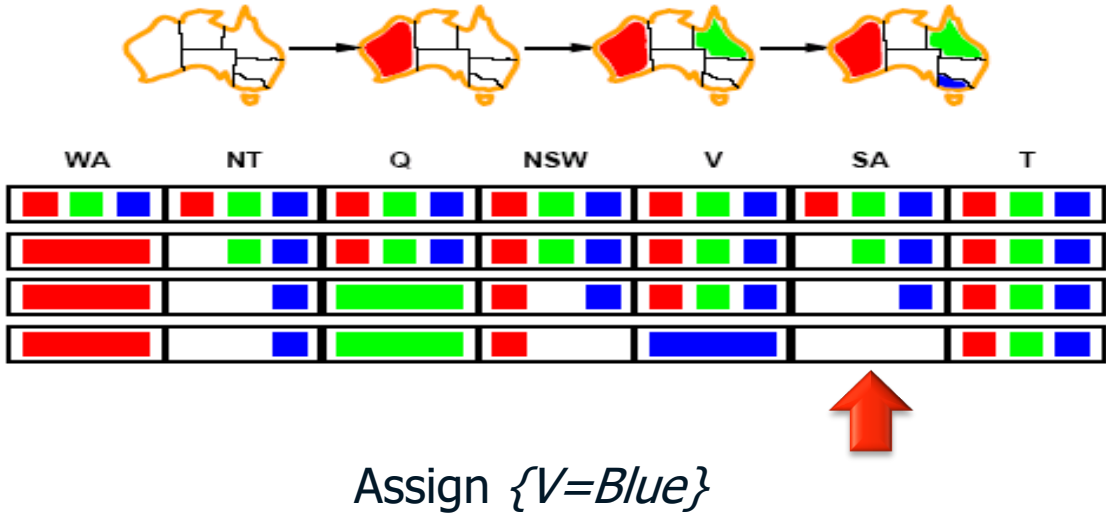
Assign $\{WA=red\}$

Forward checking



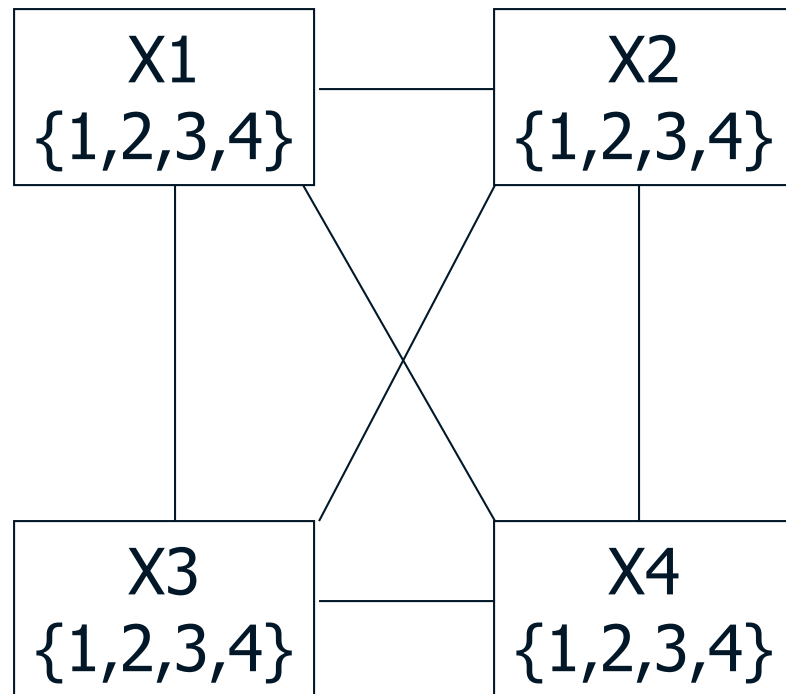
Assign $\{Q=green\}$

Forward checking

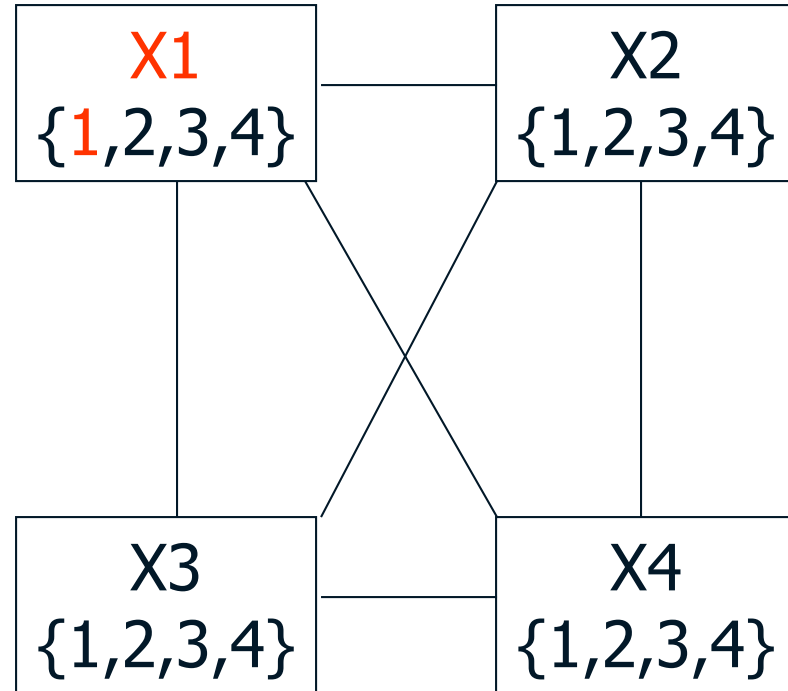
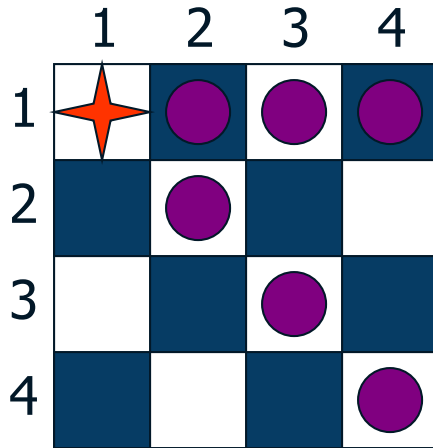


مساله چهار وزیر

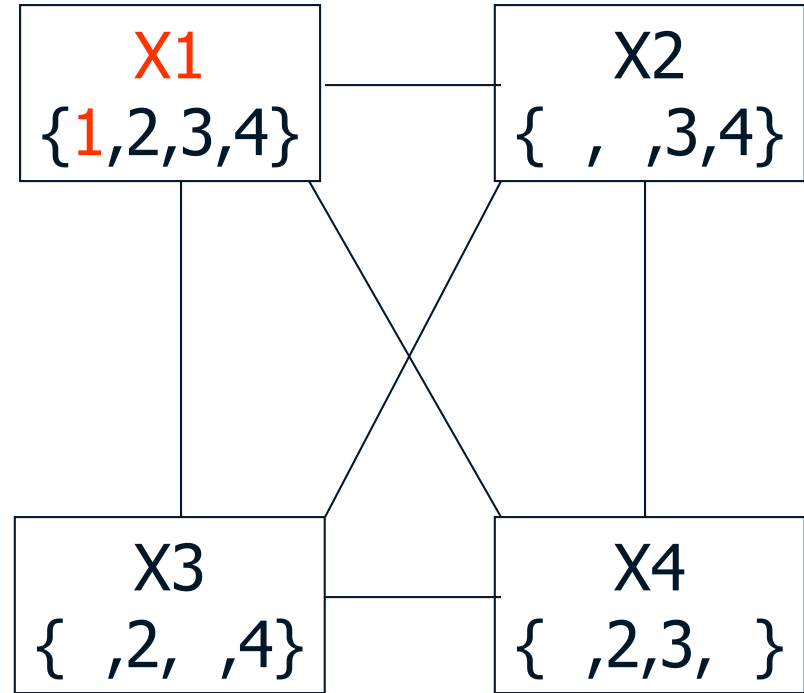
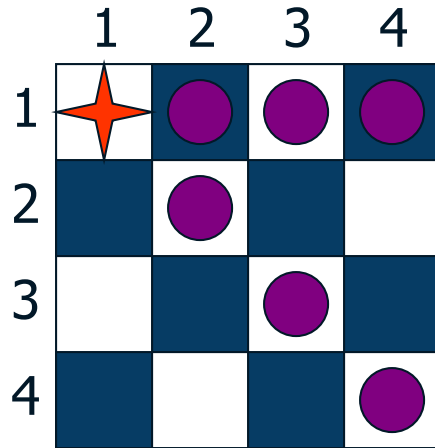
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				



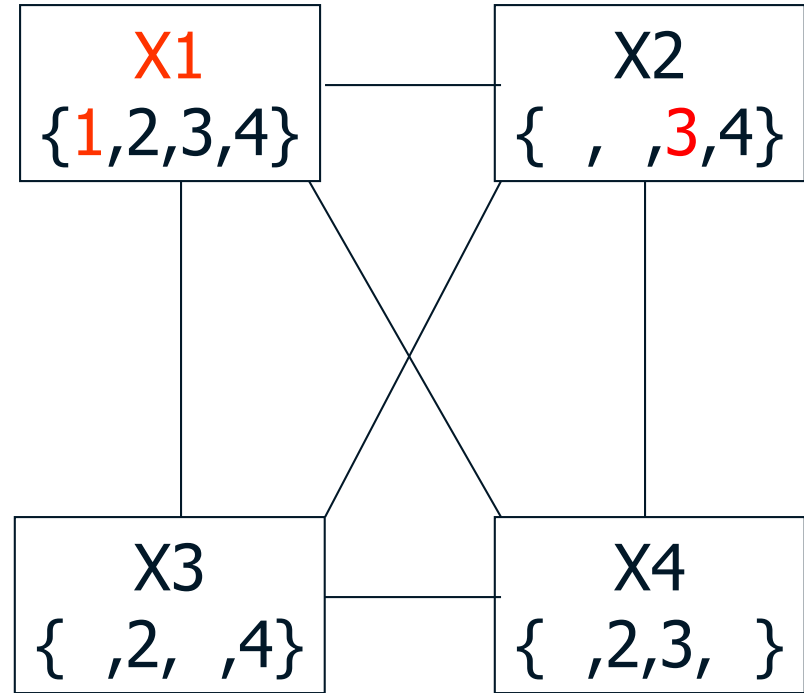
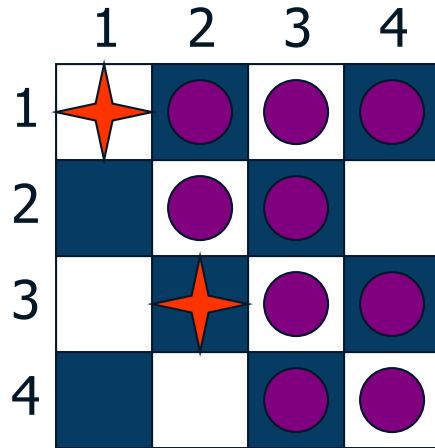
مساله چهار وزیر



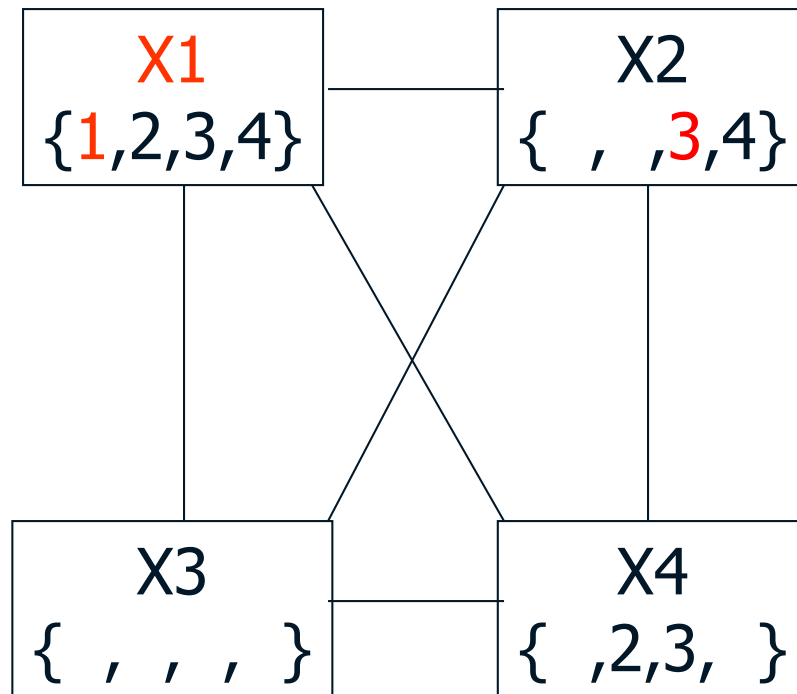
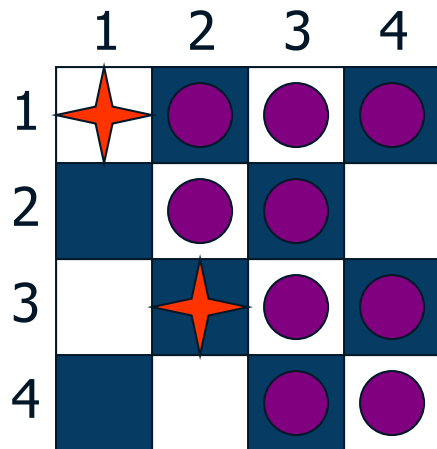
مساله چهار وزیر



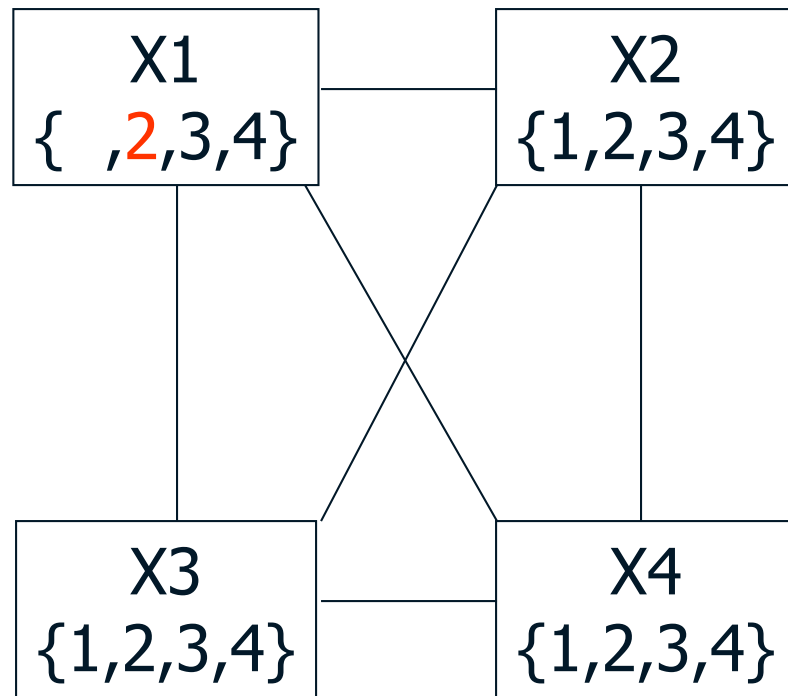
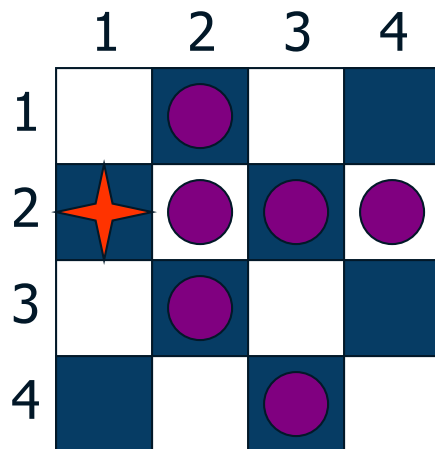
مساله چهار وزیر



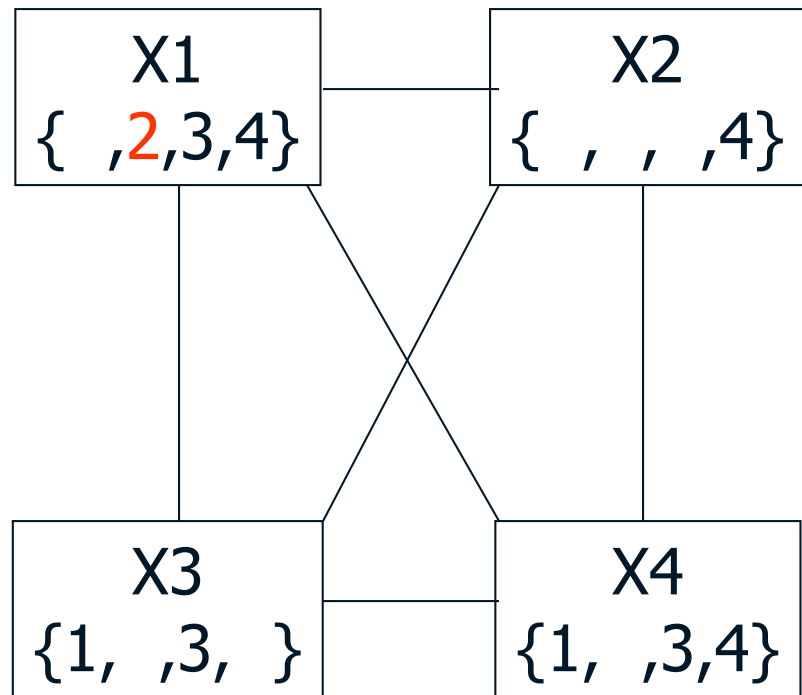
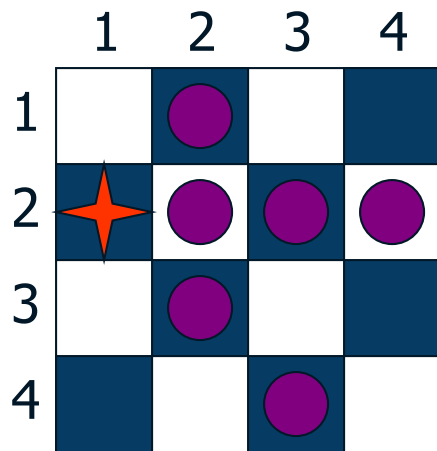
مساله چهار وزیر



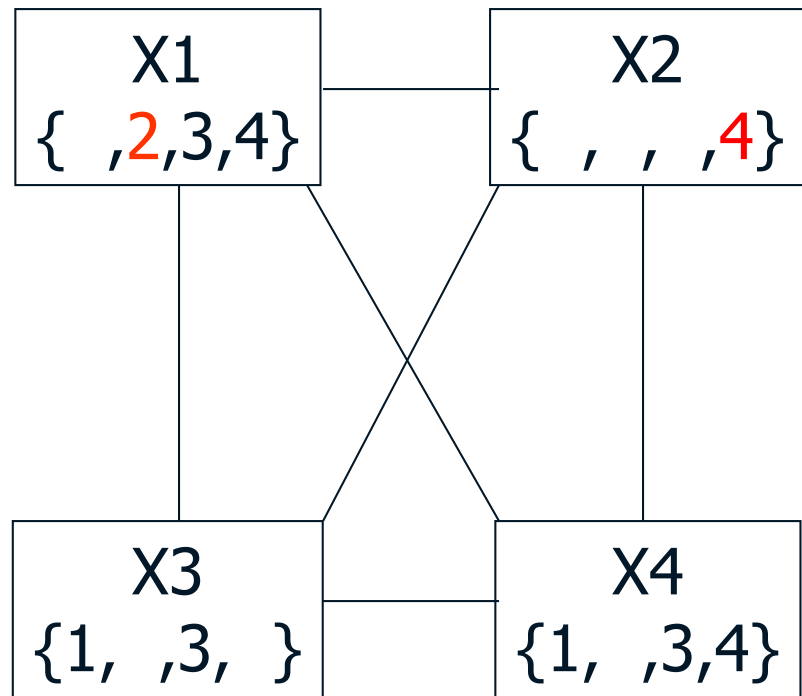
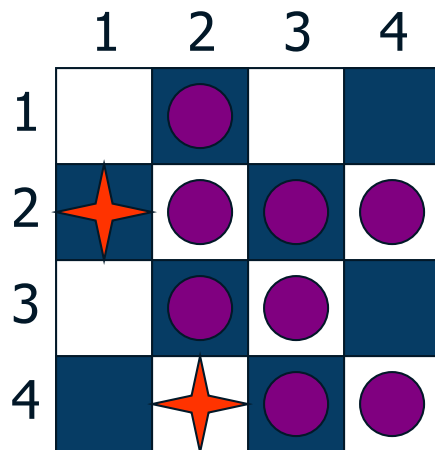
مساله چهار وزیر



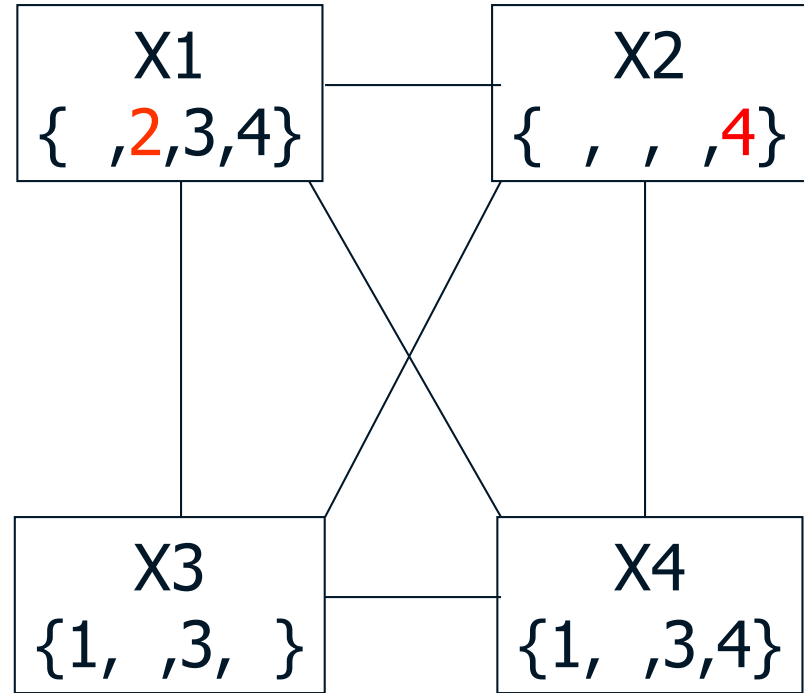
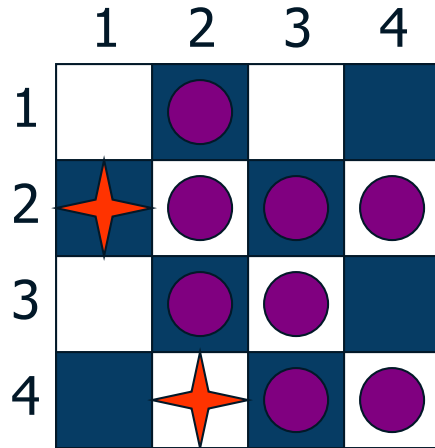
مساله چهار وزیر



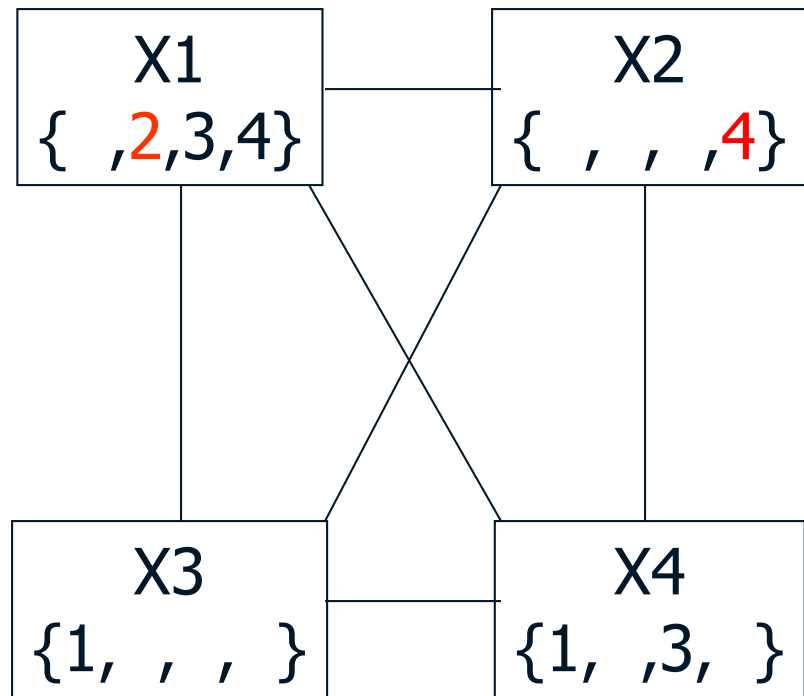
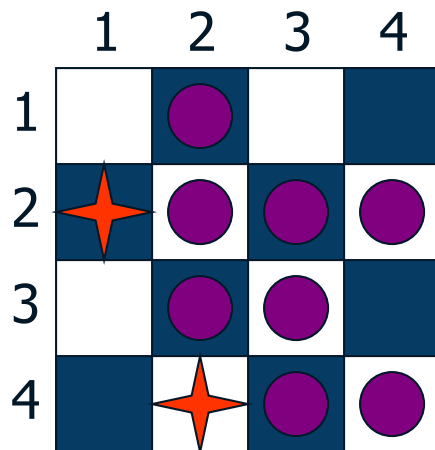
مساله چهار وزیر



مساله چهار وزیر

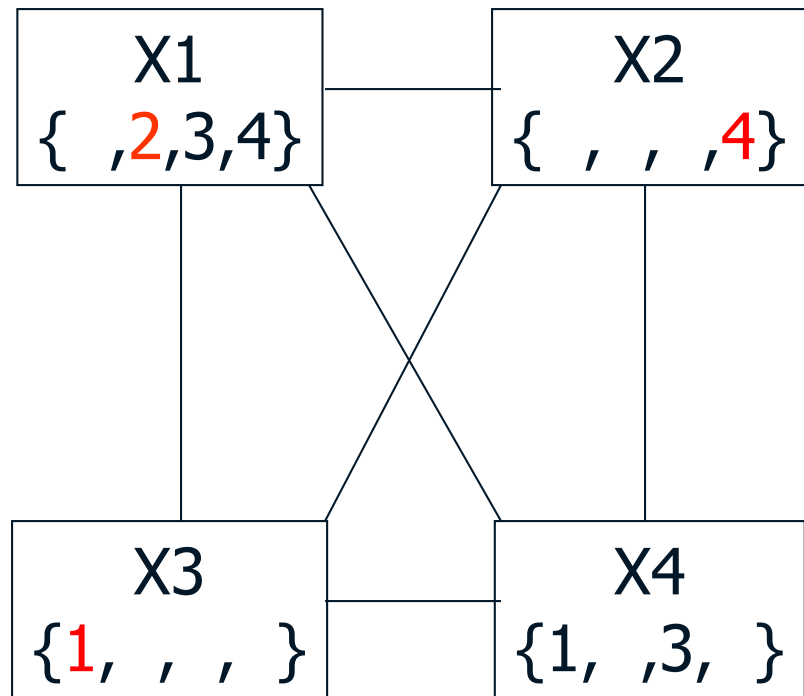


مساله چهار وزیر

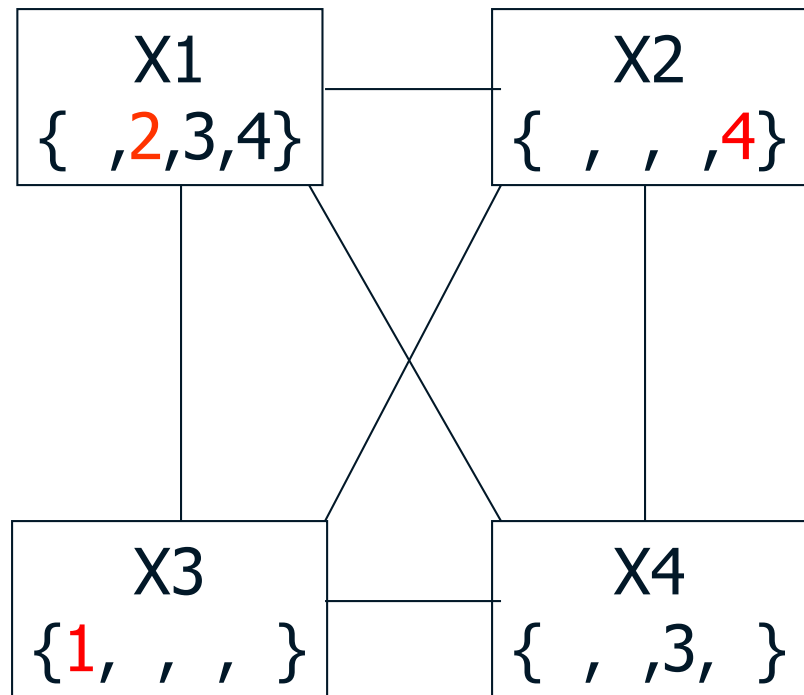
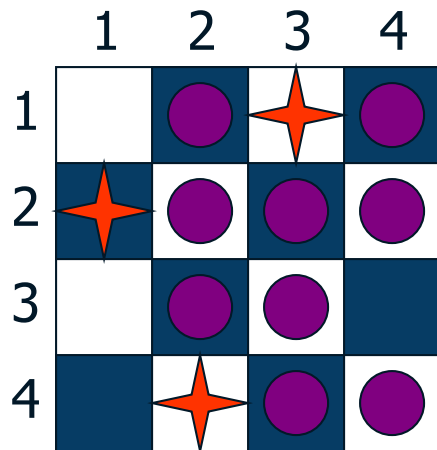


مساله چهار وزیر

	1	2	3	4
1		●	★	●
2	★	●	●	●
3		●	●	
4		★	●	●



مساله چهار وزیر



مساله چهار وزیر

