سازمان سما

وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی

دانشگاه سما واحد حاجی آباد

هوش مصنوعی

منبع : هوش مصنوعی دکتر محمد صبری

WWW.HREZAPOUR.IR

حمیدرضا رضاپور

هوش مصنوعی، رهیافتی نوین

فصل پنجم: «مسایل ارضای محدودیت»

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 متغییرها ($V_1, V_2, \ldots, V_n$)
  2. مجموعه محدودی از شروط ($C1, C2, \ldots, Cm$)
  3. مجموعه غیر تهی از مقادیر برای متغییرها ($D_{V1}, D_{V2}, \ldots D_{Vn}$)
  4. هر شرط مقادیر هر متغییر را محدود می‌کند.

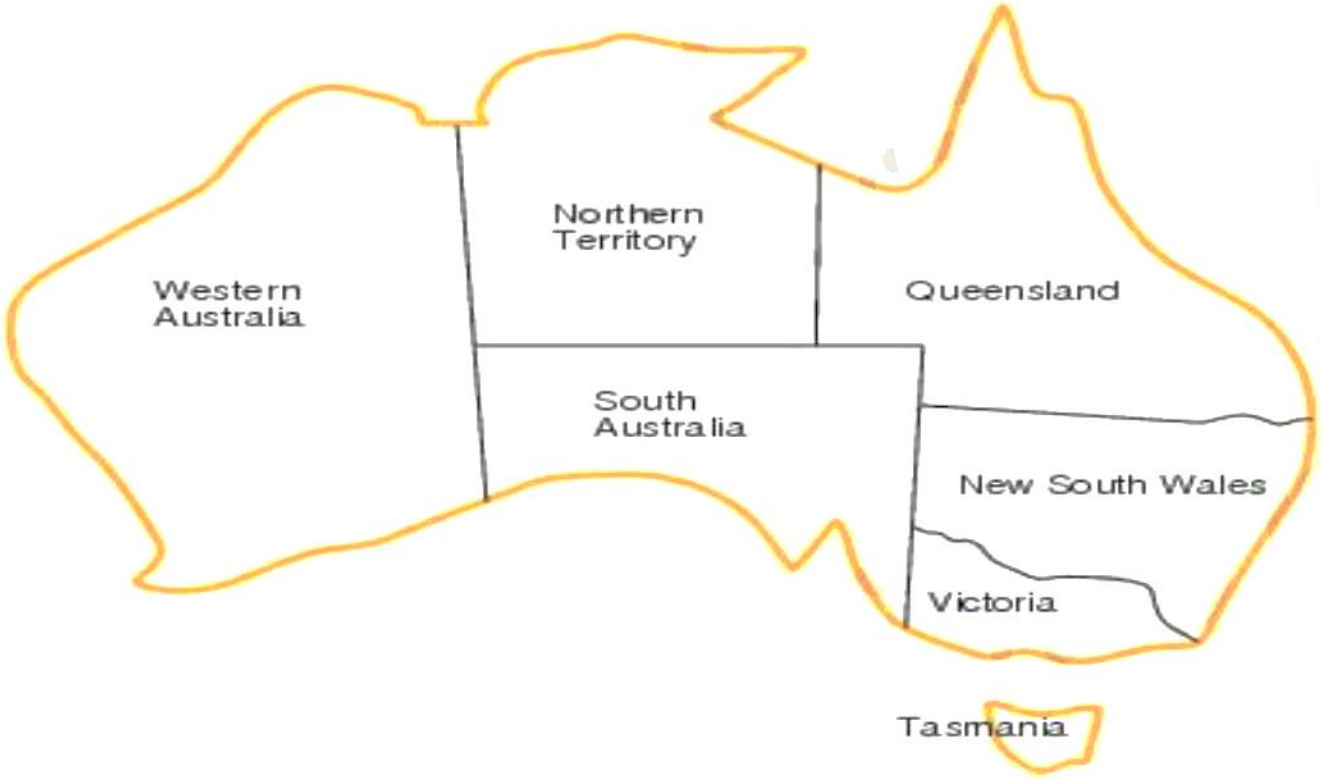
مسایل ارضای محدودیت (CSP)

- حالت (state): انتساب (*assignment*) مقادیر به یک یا چند متغییر را گویند.
- انتساب سازگار (*consistent assignment*): انتسابی که هیچ شرطی را نقض نکند.
- انتساب کامل (*complete assignment*): انتسابی که در آن همه‌ی متغییرها مقدار گرفته باشند.

✓ راه حل در CSP یک **انتساب کامل و سازگار** است.

مثال: رنگ آمیزی گراف

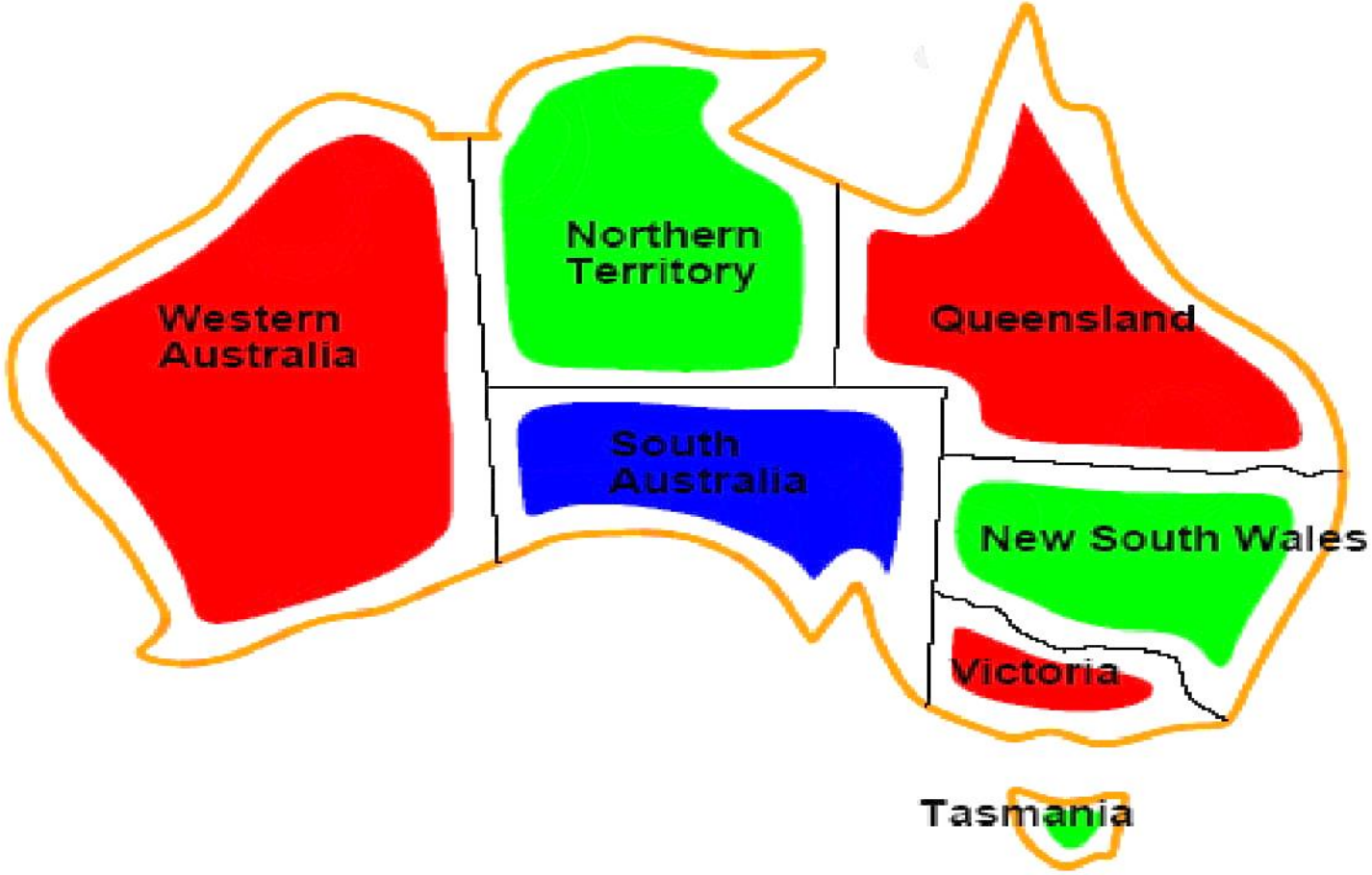
- متغییرها: T
- دامنه‌ها: $ue\}$
- شروط: نواحی



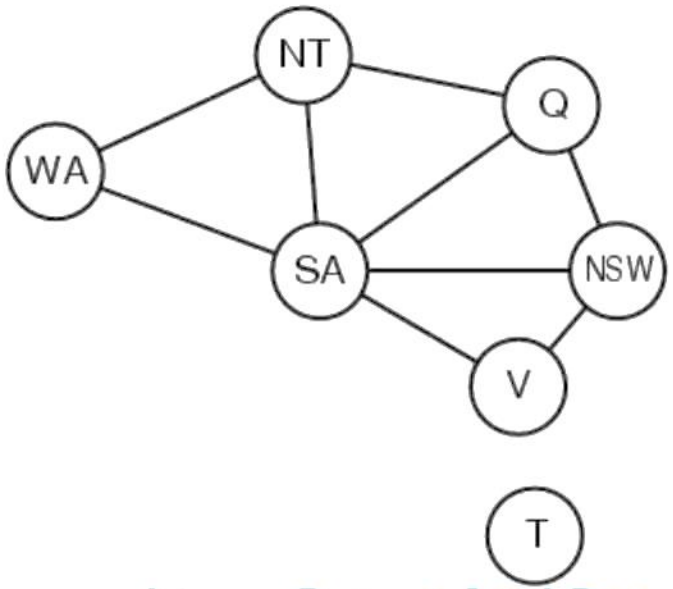
- E.g. $WA \neq NT$ (if
- E.g. $(WA,NT) \neq$

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 متغییرها 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

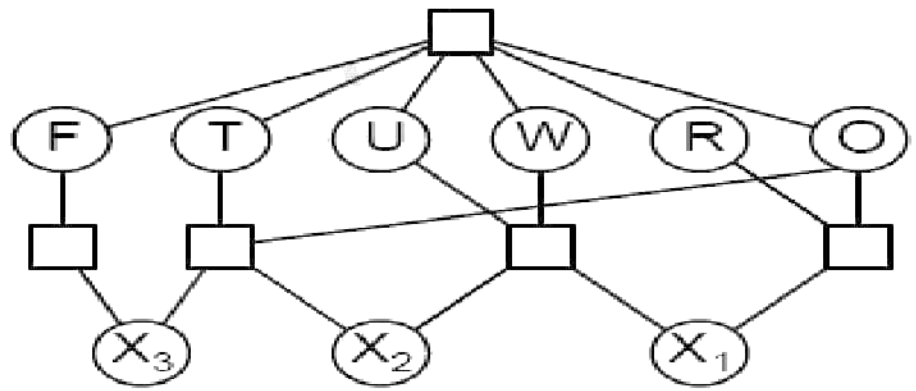
- متغییرهای گسسته (Discrete variables)
  - دامنه محدود
  - دامنه نامحدود
- متغییرهای پیوسته (Continuous variables)

انواع محدودیت‌ها

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

cryptharithmetic

$$\begin{array}{r} T\ W\ O \\ +\ T\ W\ O \\ \hline F\ O\ U\ R \end{array}$$



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
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 متغییرهای مقدار نگرفته به صورتیکه تداخل پیش نیایید.
- 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 متغییر وجود داشته باشد.)
  3. هزینه مسیر مهم نیست.

جابجاپذیری

- CSP ها جابجاپذیر (commutative) هستند.
- یعنی ترتیب اجرای اعمال تاثیری بر روی نتیجه نخواهد داشت.

WA=red then NT=green] = [NT=green then WA=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

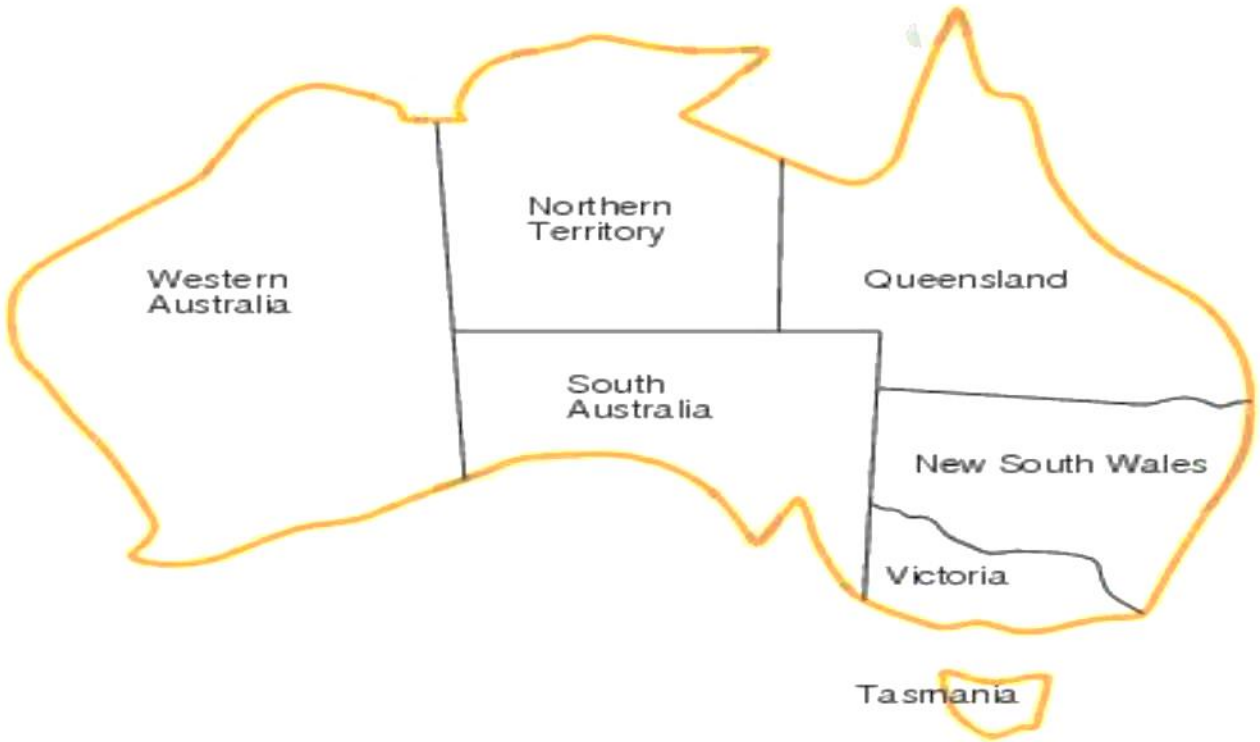
- در هر مرحله مقدار(مقادیر) به یک متغییر انتساب می دهد و هرگاه مقداری برای یک متغییر باقی نمانده بود، باید عقبگرد کند.
- جستجوی ناآگاهانه همانند جستجوی عمقی است.
- کارایی نامناسب خواهد داشت. (جدول در صفحه ۱۴۳)

جستجوی عقبگرد

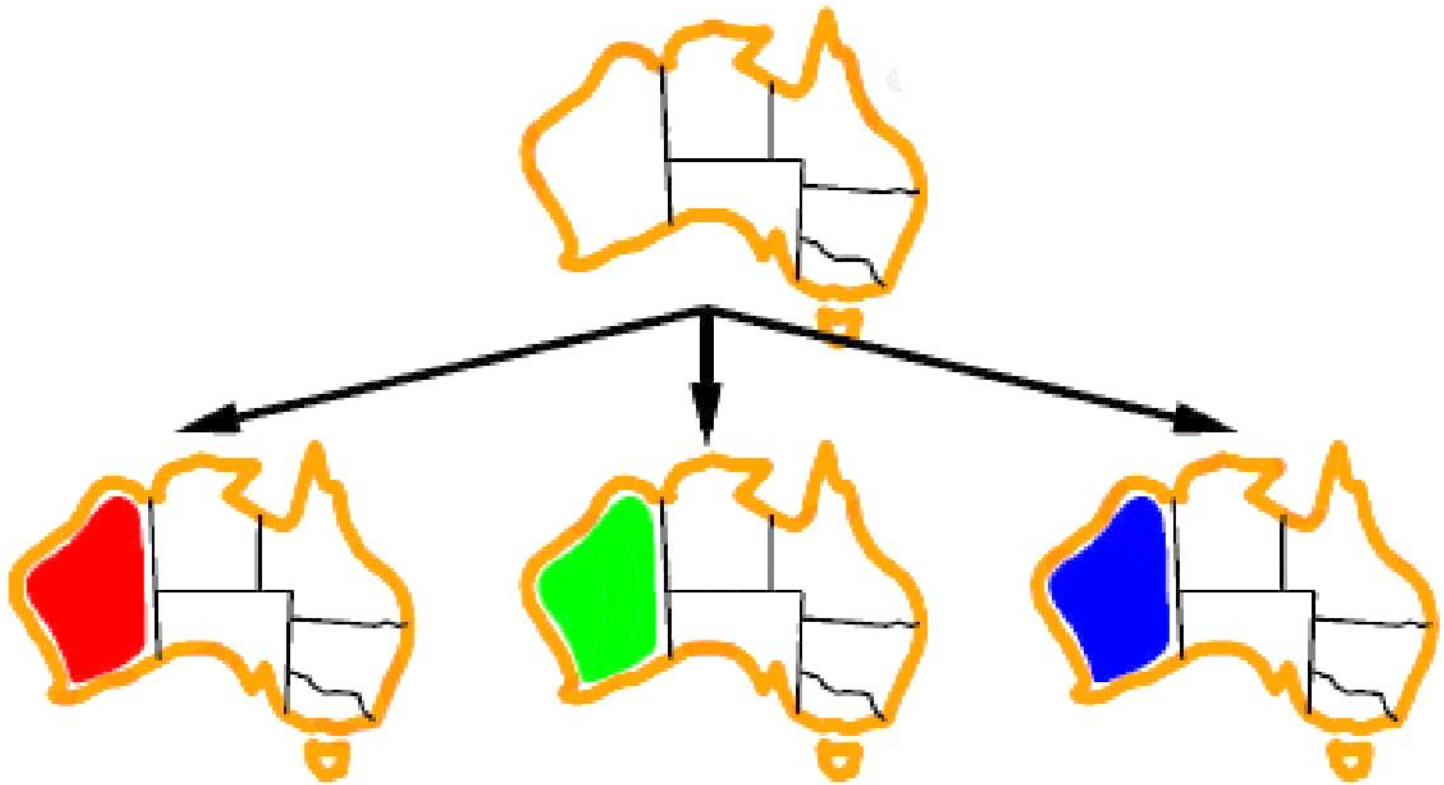
```
function BACKTRACKING-SEARCH(csp) return a solution or failure
    return RECURSIVE-BACKTRACKING({} , csp)

function RECURSIVE-BACKTRACKING(assignment, csp) return a solution or failure
    if assignment is complete then return assignment
    var ← 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 ← RRECURSIVE-BACTRACKING(assignment, csp)
            if result ≠ failure then return result
            remove {var=value} from assignment
    return failure
```

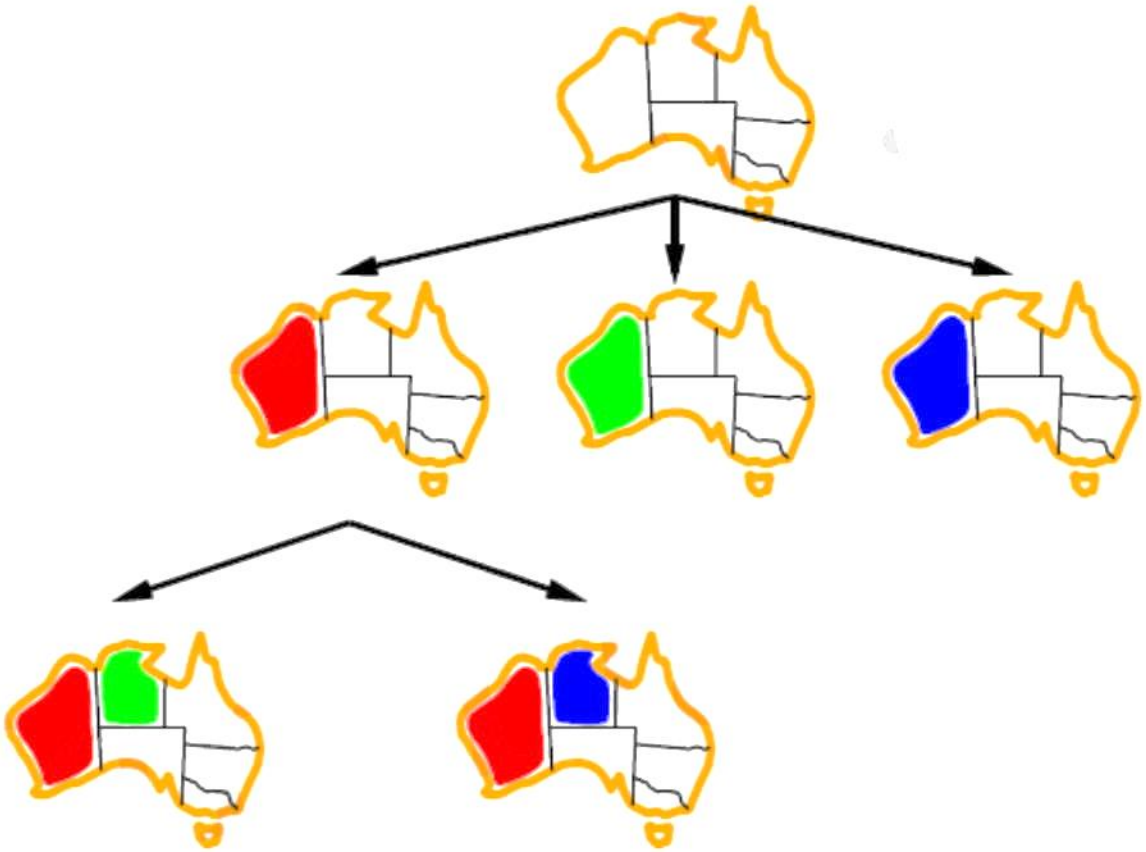
جستجوی عقبگرد



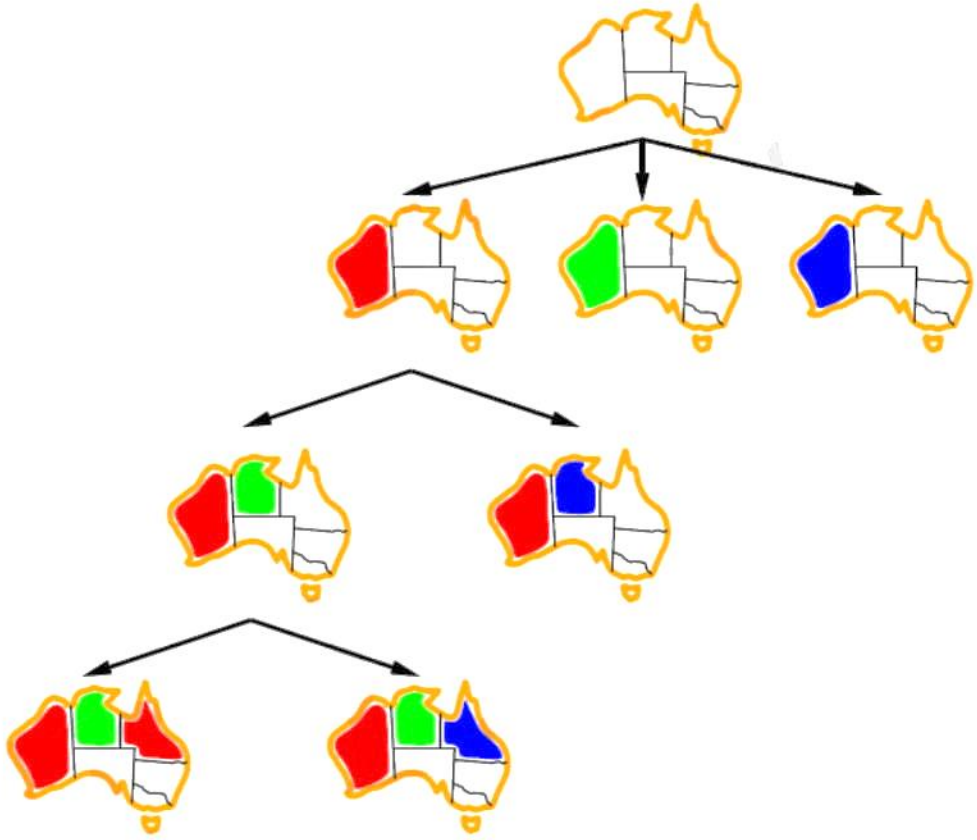
جستجوی عقبگرد



جستجوی عقبگرد



جستجوی عقبگرد



فهرست مطالب

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

فهرست مطالب

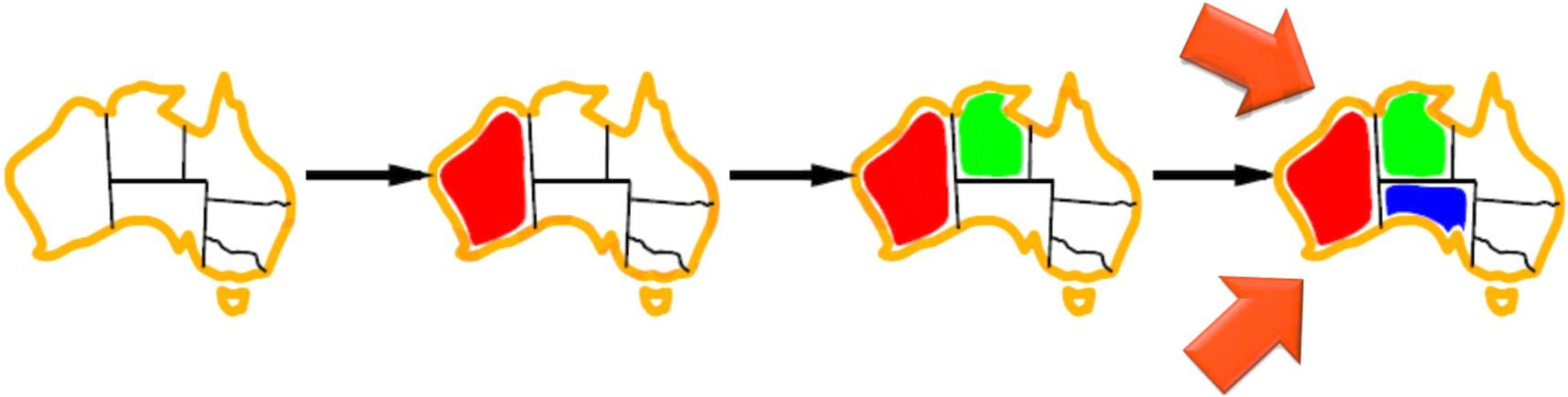
- تعریف مسایل ارضای محدودیت
- انواع مسایل ارضای محدودیت
- جستجوی عقبگرد
- بهبود جستجو

بهبود جستجوی عقبگرد

- ابداع تابع هیوریستیک
  1. کدام متغییر در مرحله بعد، باید مقدار بگیرد؟
  2. ترتیب انتساب مقدار چگونه باشد؟
  3. آیا یک شکست غیر قابل اجتناب را می‌توان پیش بینی نمود؟
  4. آیا از مزایای ساختار مساله می‌توان بهره برد؟

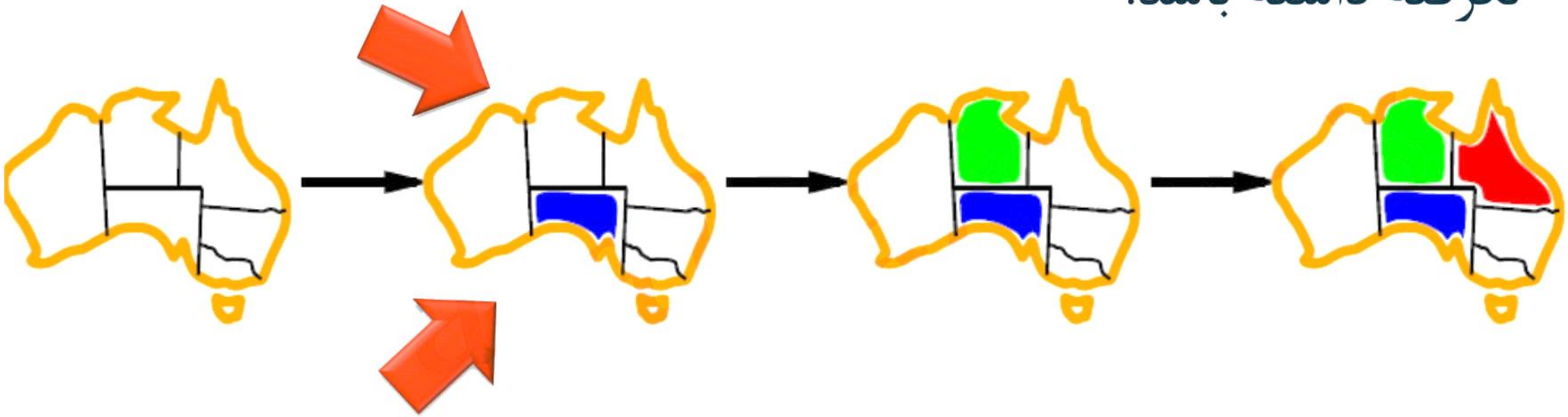
Minimum remaining values

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



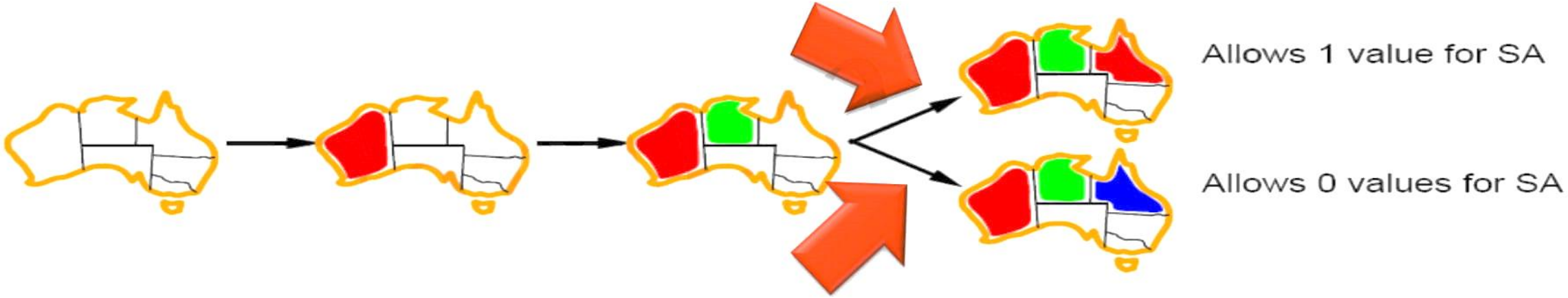
Degree heuristic

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



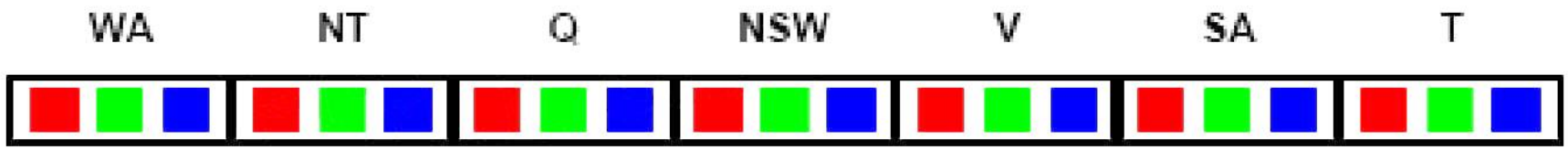
Least constraining value

- هیوریستیک با انتخاب مقدار کمترین محدود کننده
- قانون: اگر یک متغییر 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.

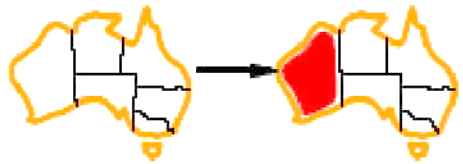


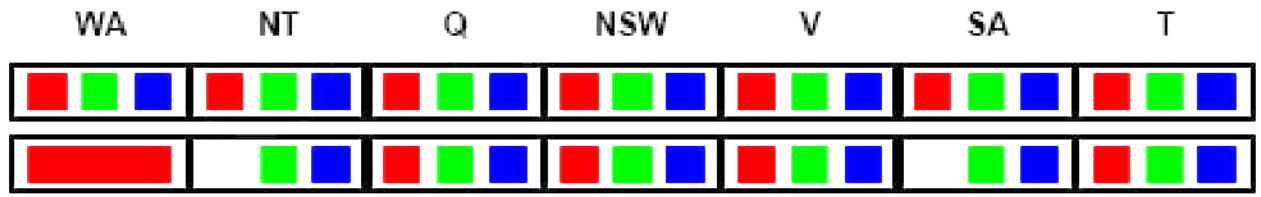
Forward checking

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



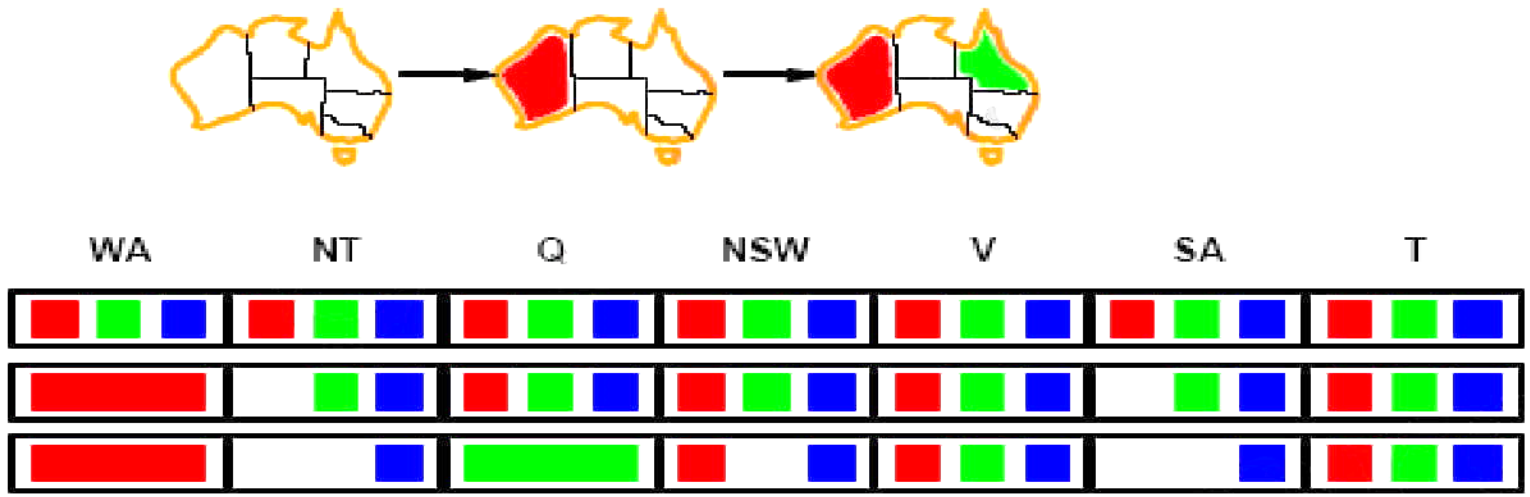
Forward checking





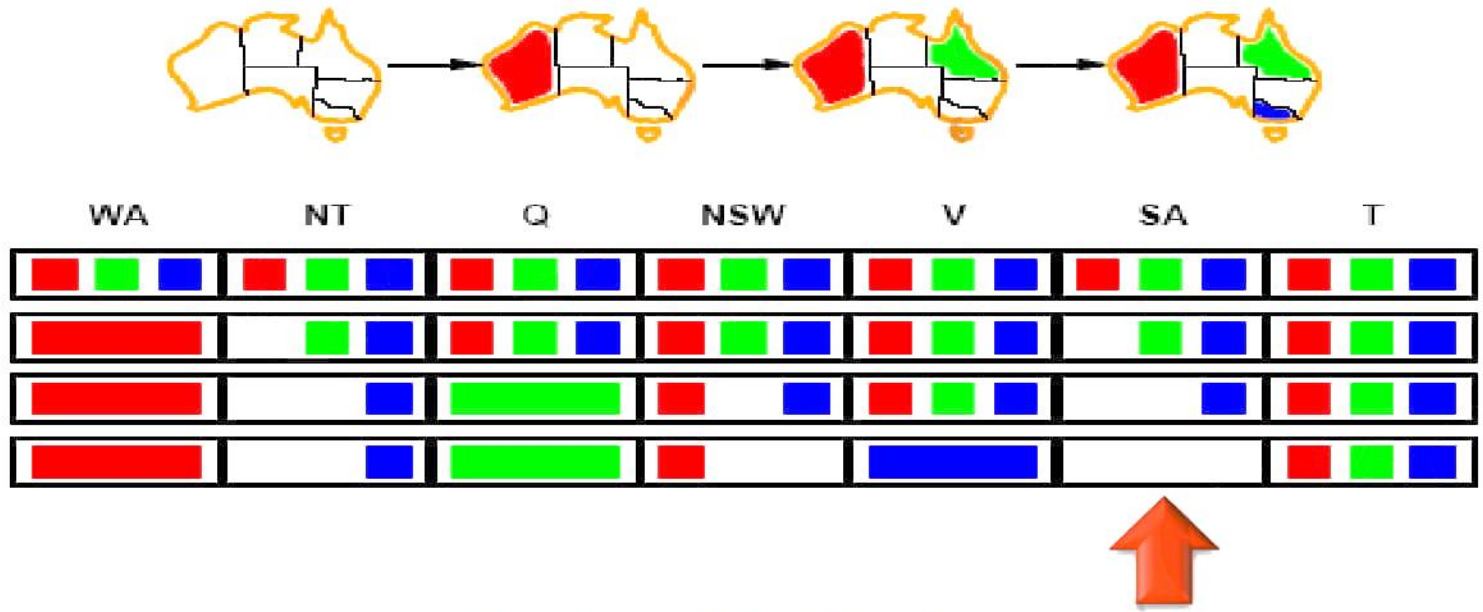
Assign *{WA=red}*

Forward checking



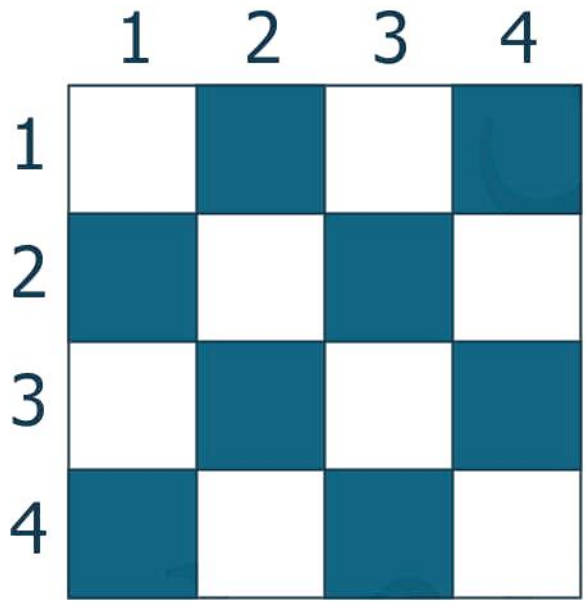
Assign *{Q=green}*

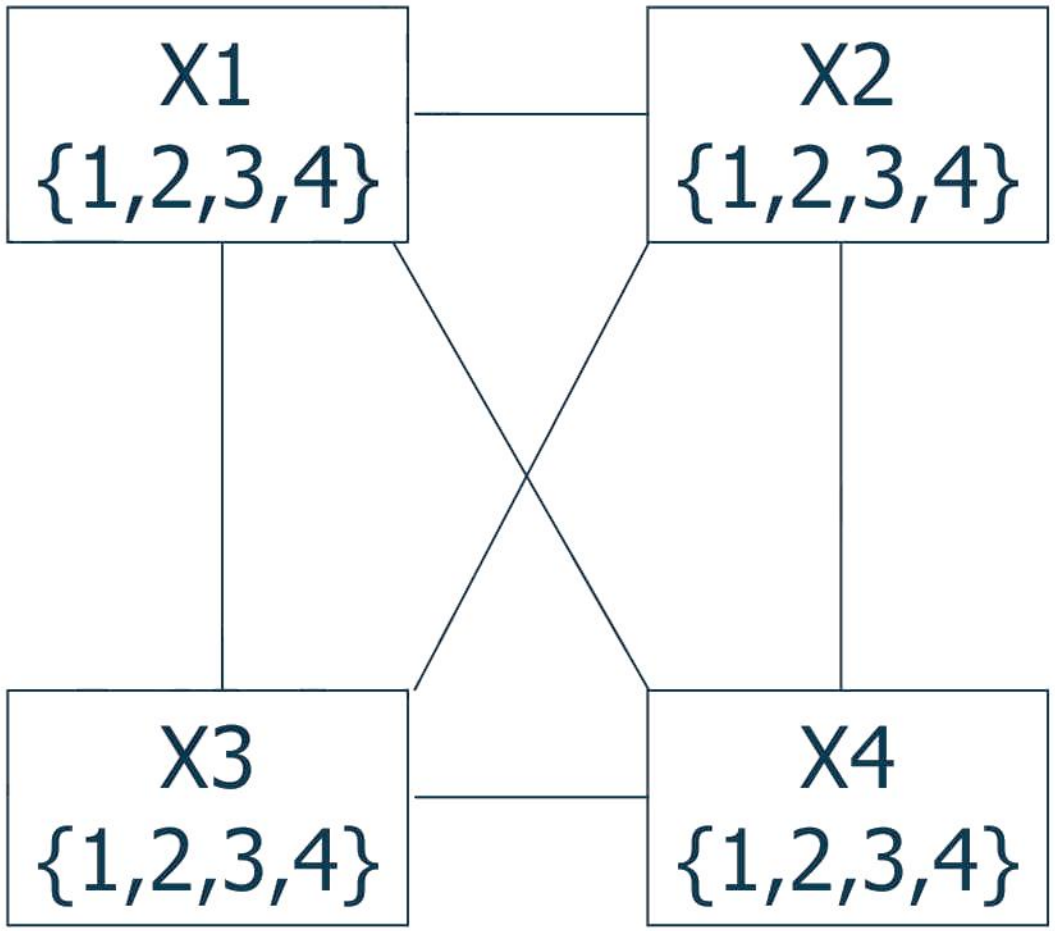
Forward checking



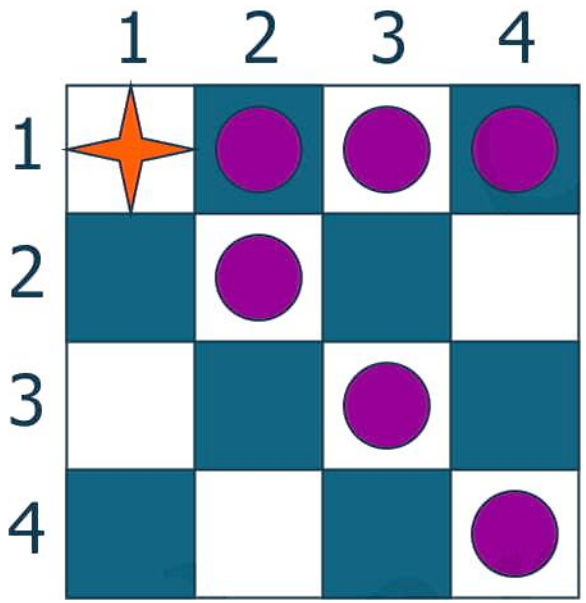
Assign *{V=Blue}*

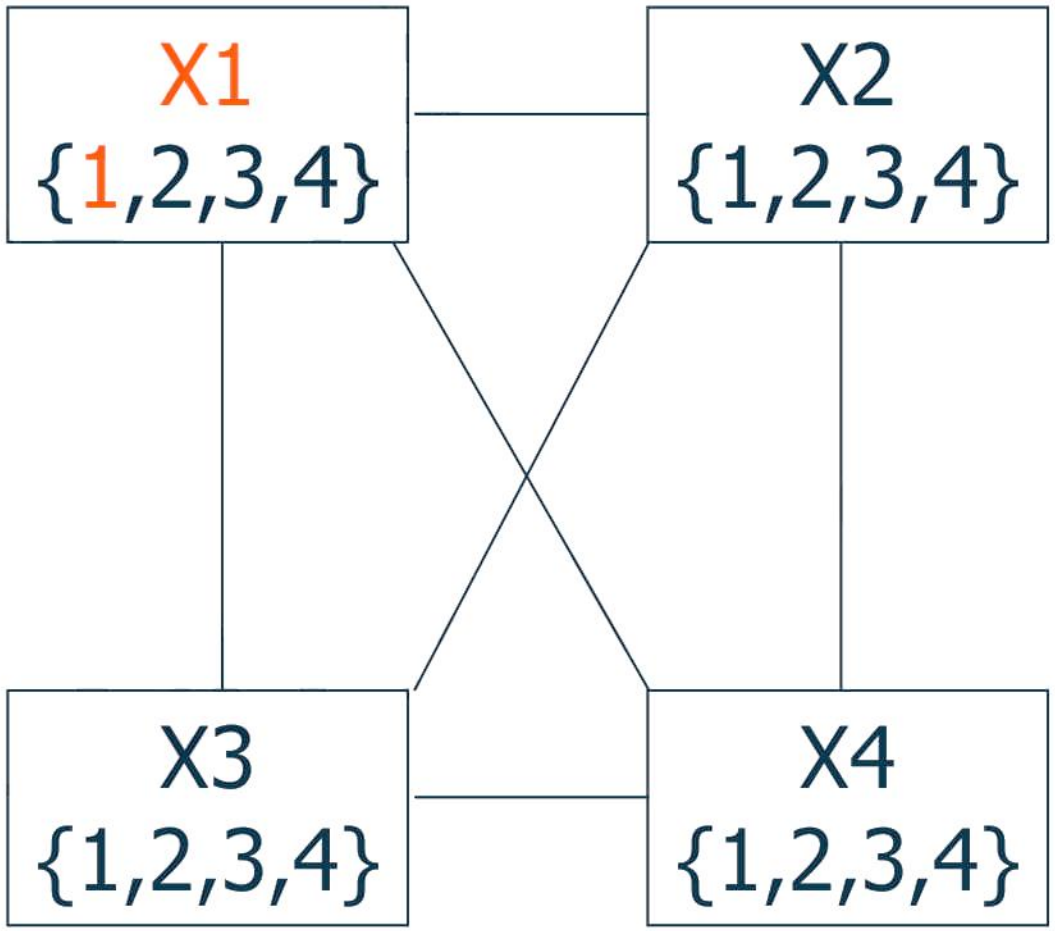
مساله چهار وزیر



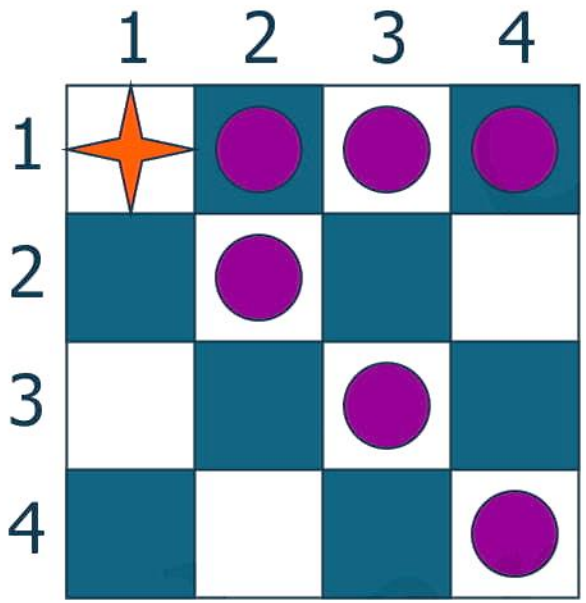


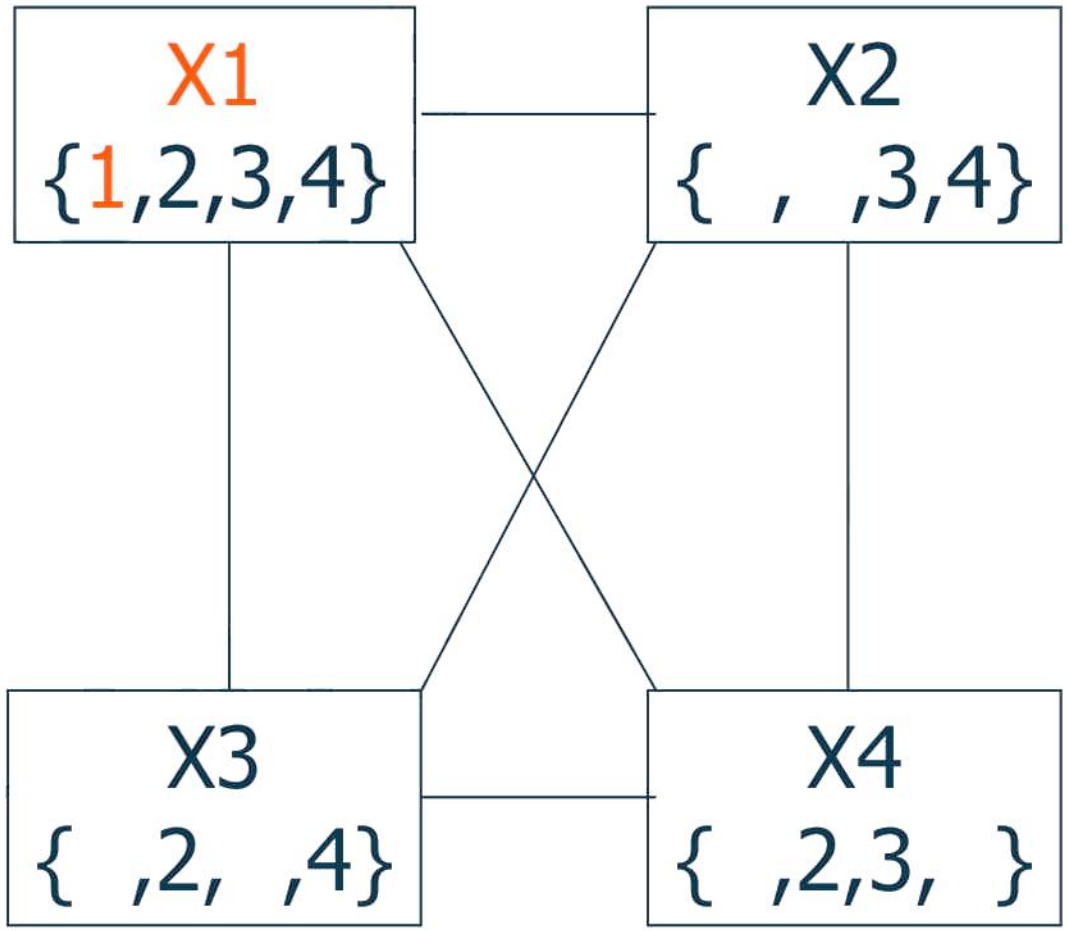
مساله چهار وزیر



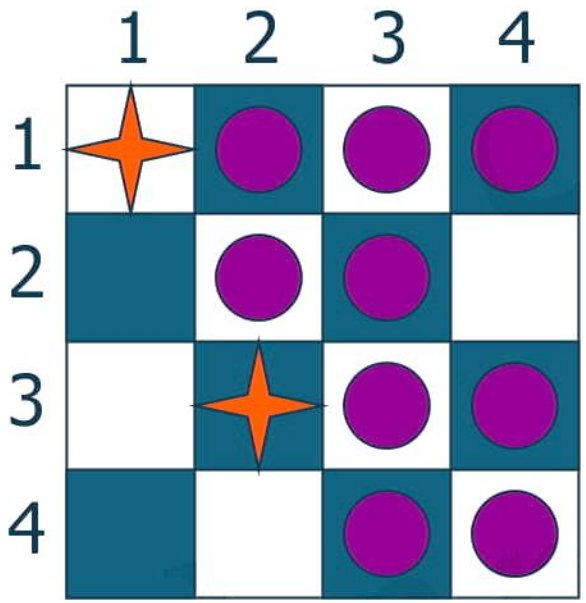


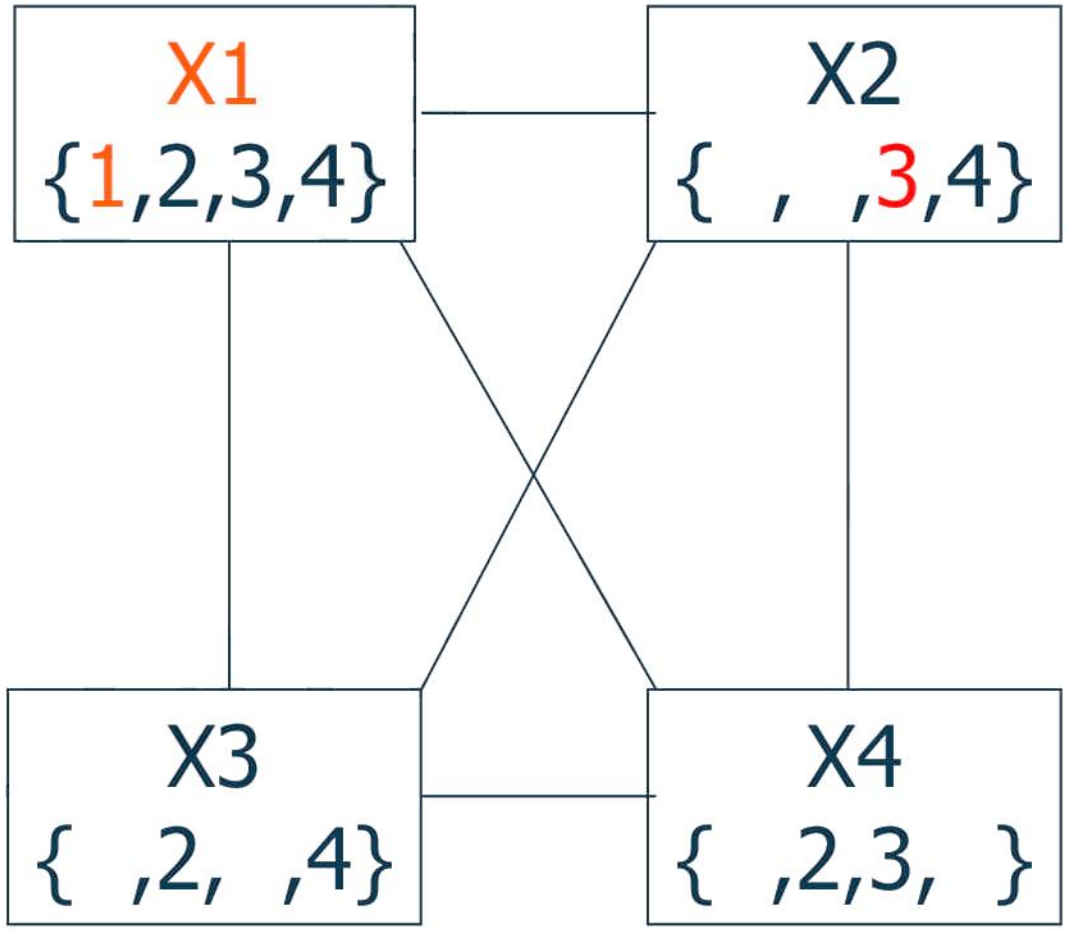
مساله چهار وزیر



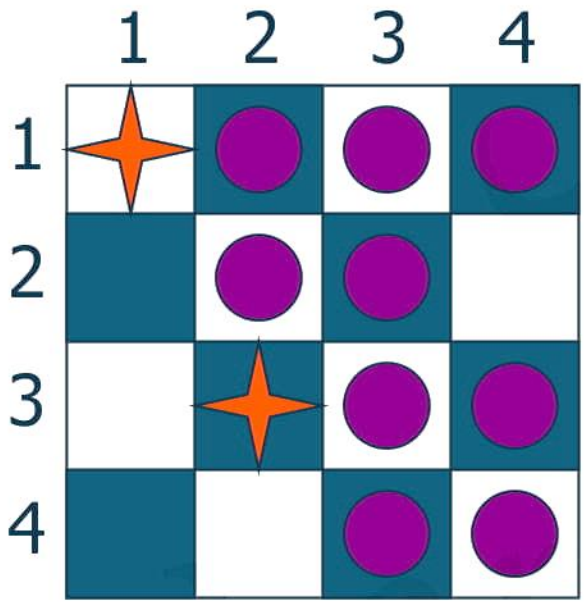


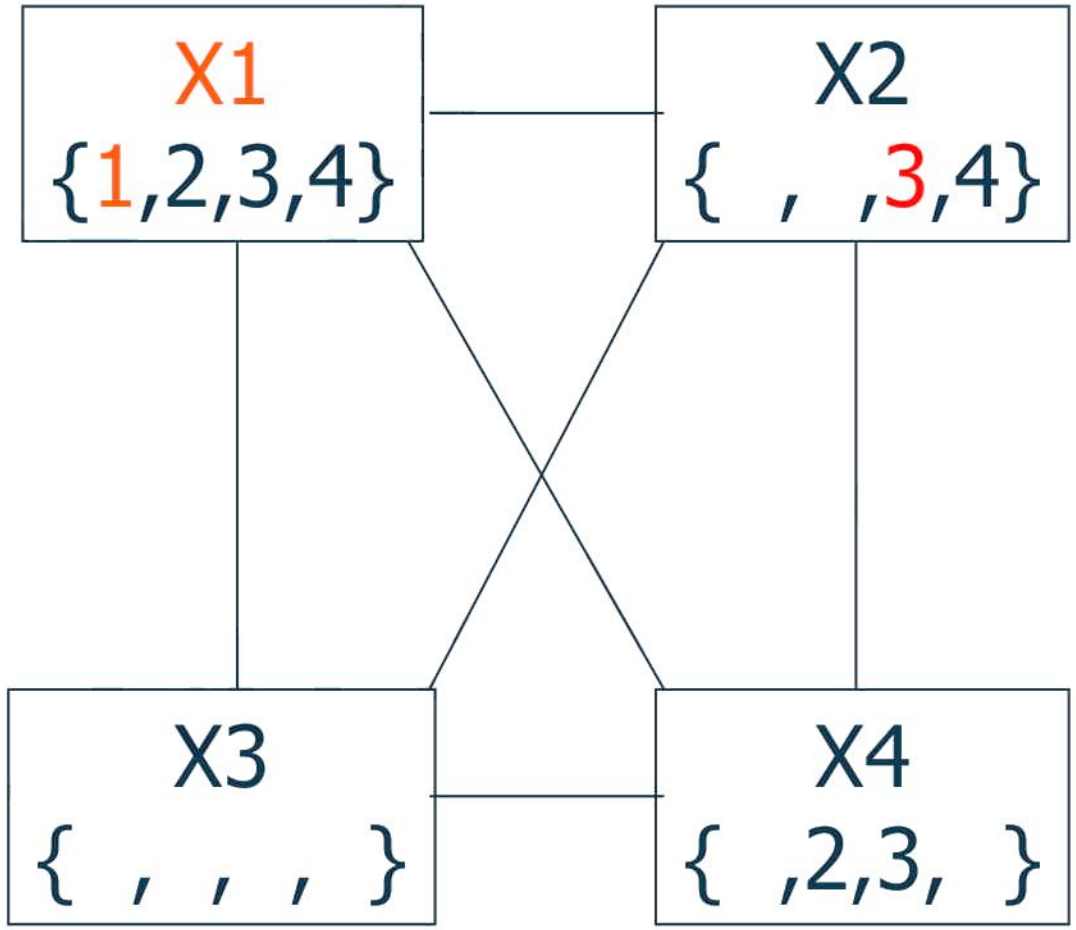
مساله چهار وزیر



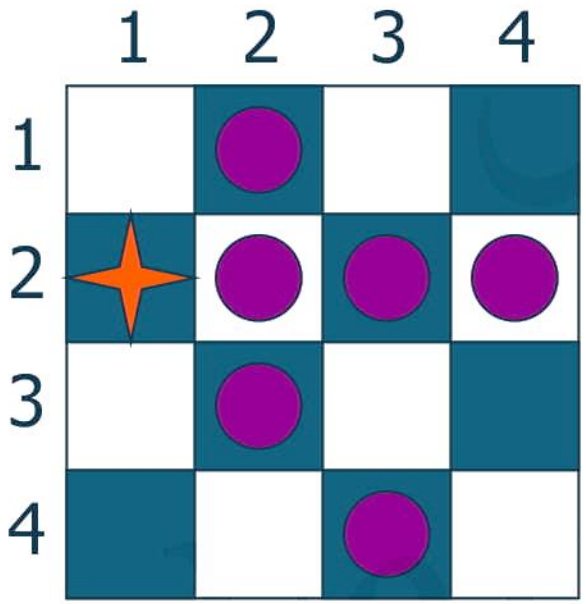


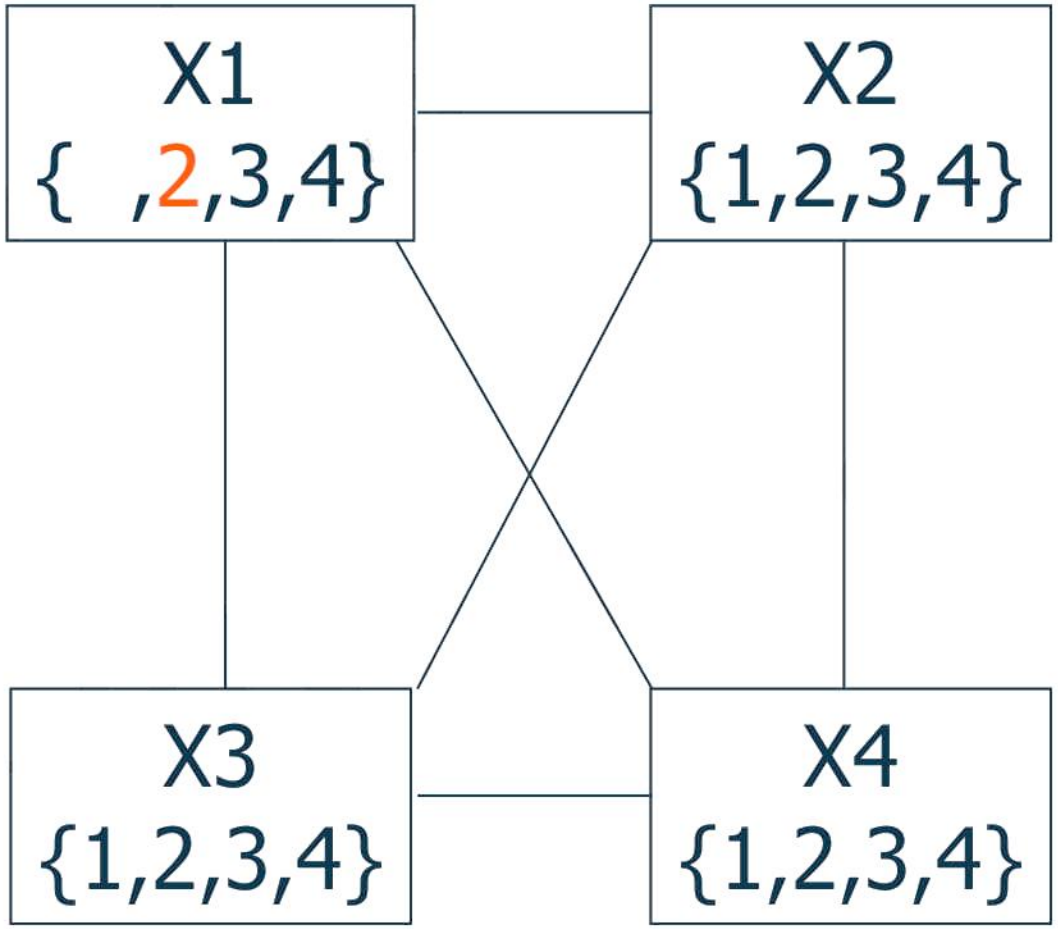
مساله چهار وزیر



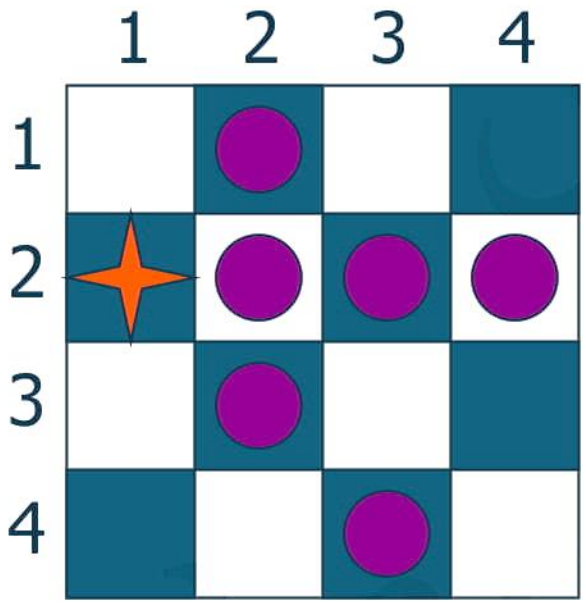


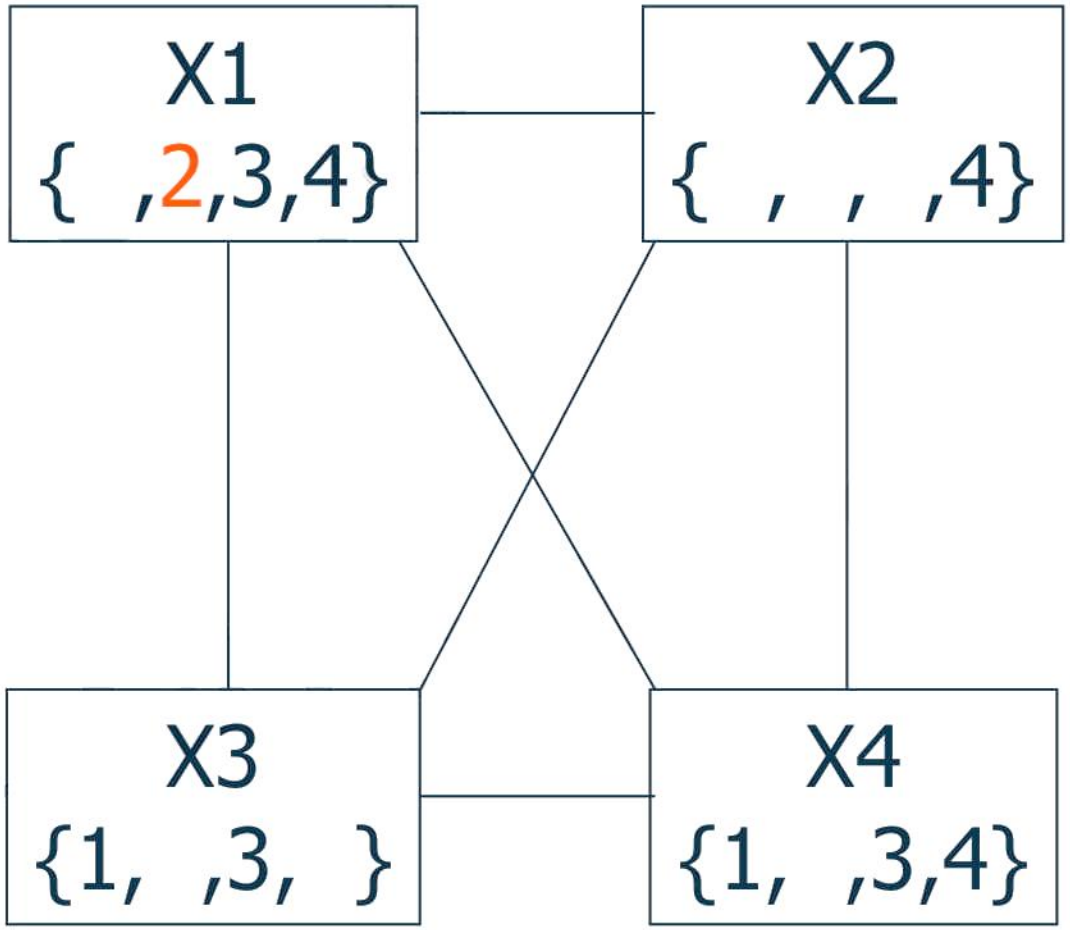
مساله چهار وزیر



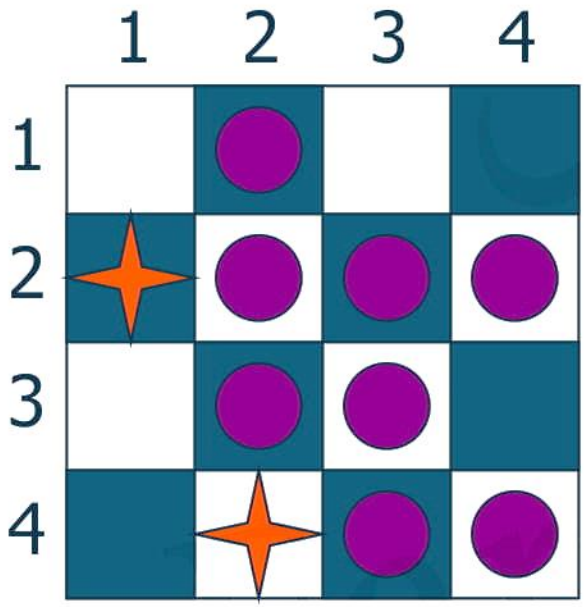


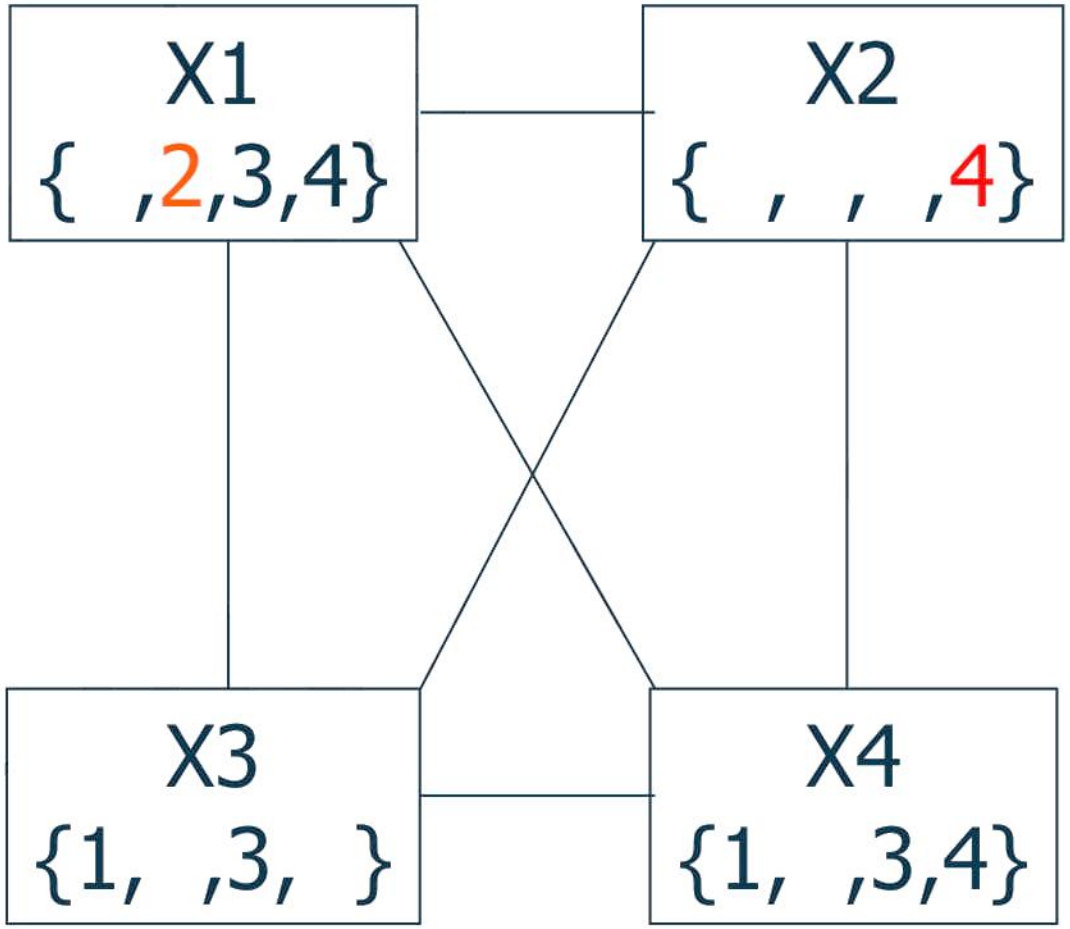
مساله چهار وزیر



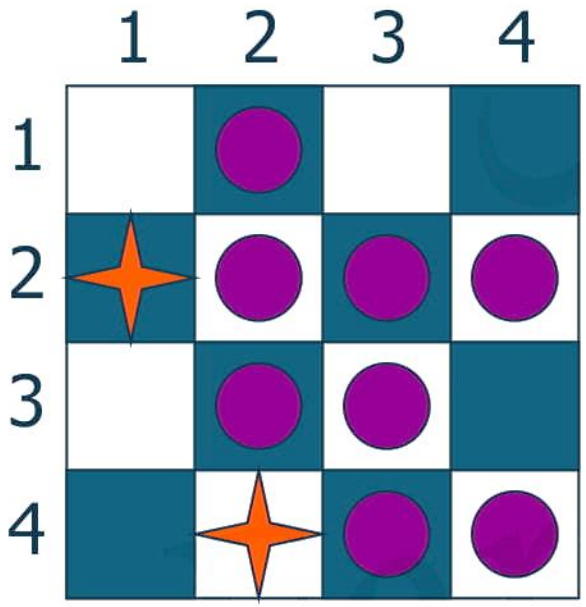


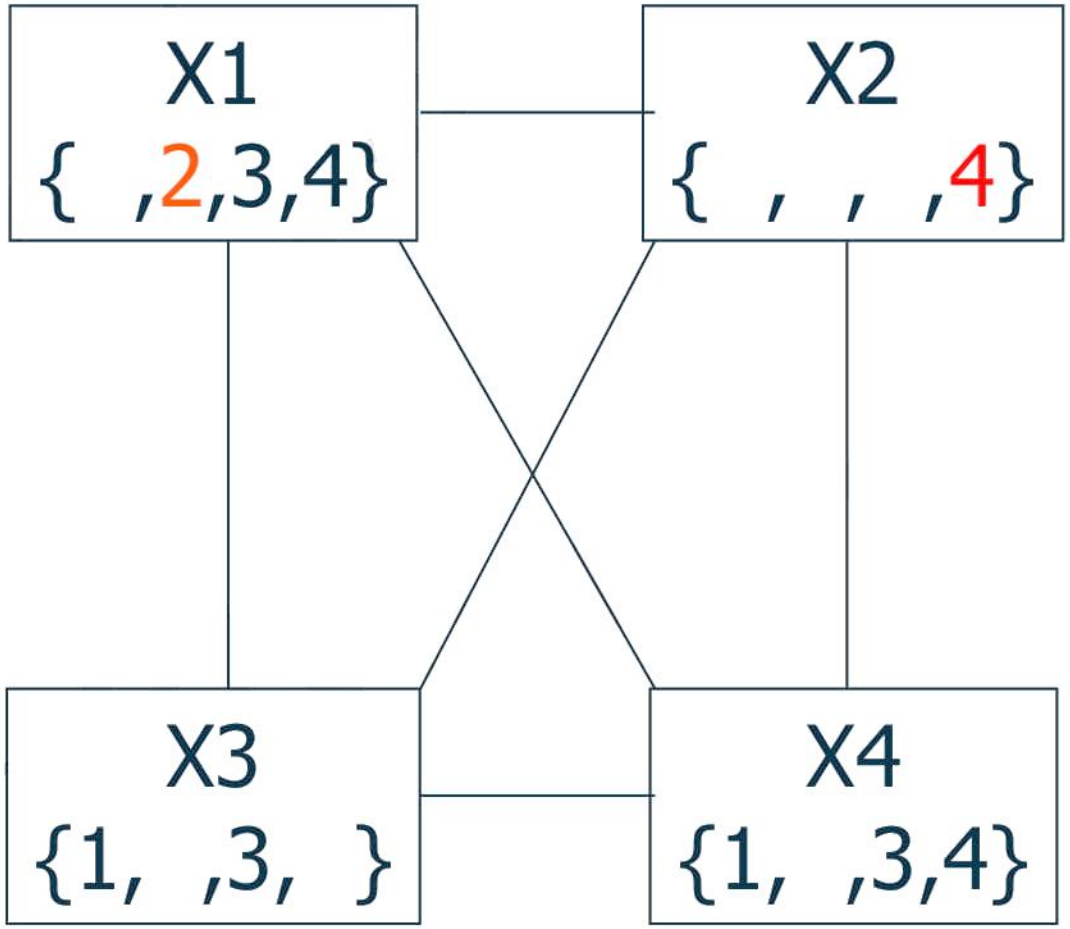
مساله چهار وزیر



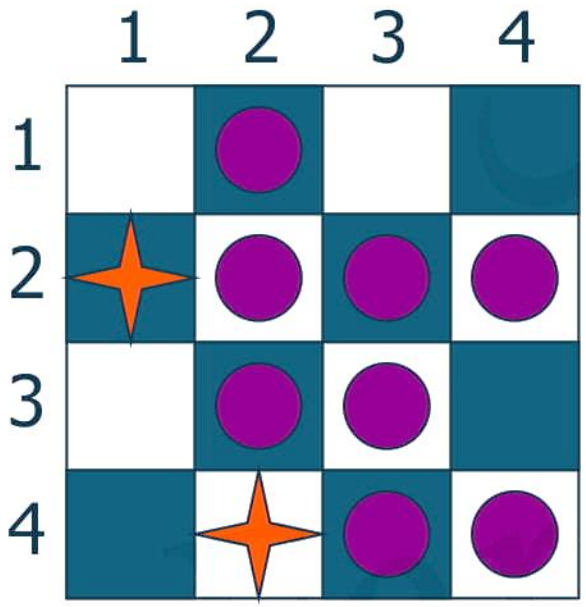


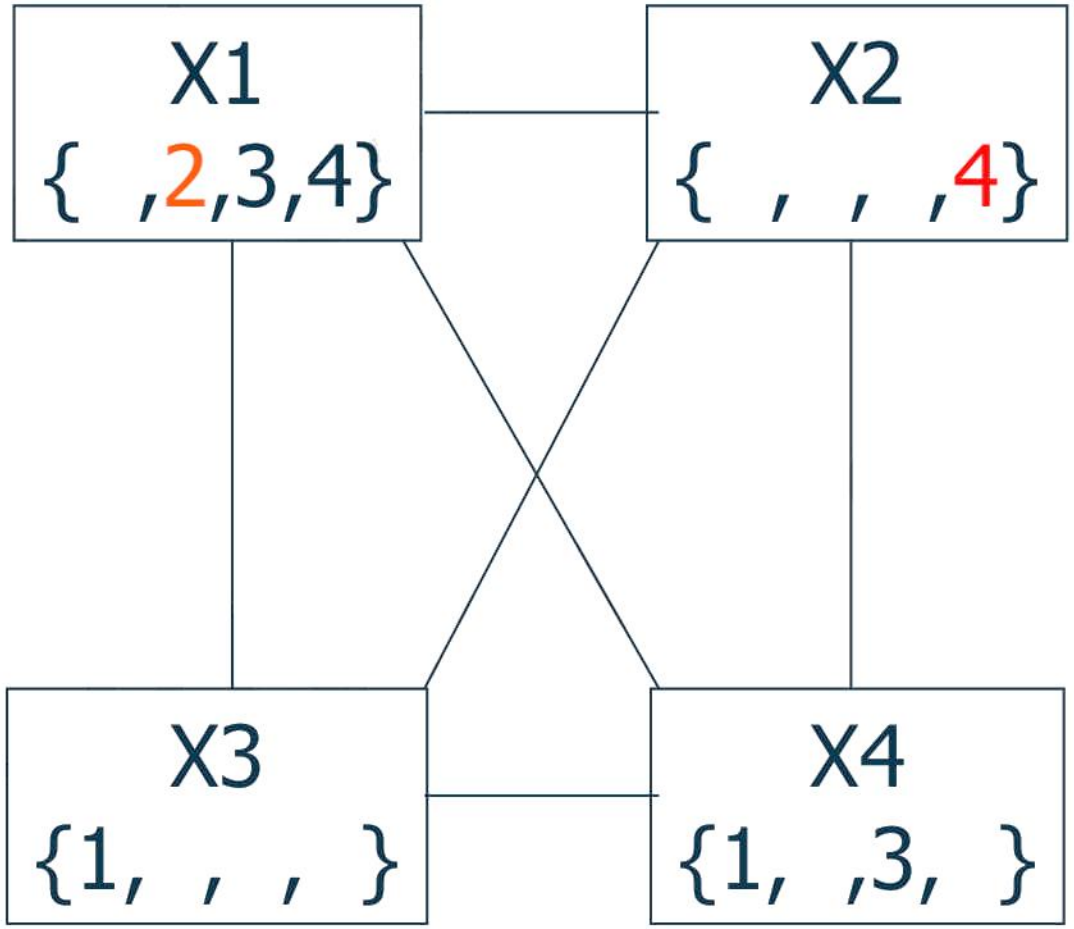
مساله چهار وزیر



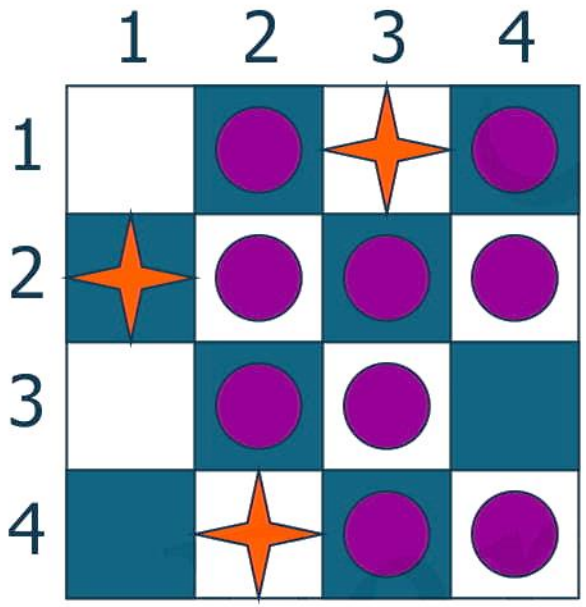


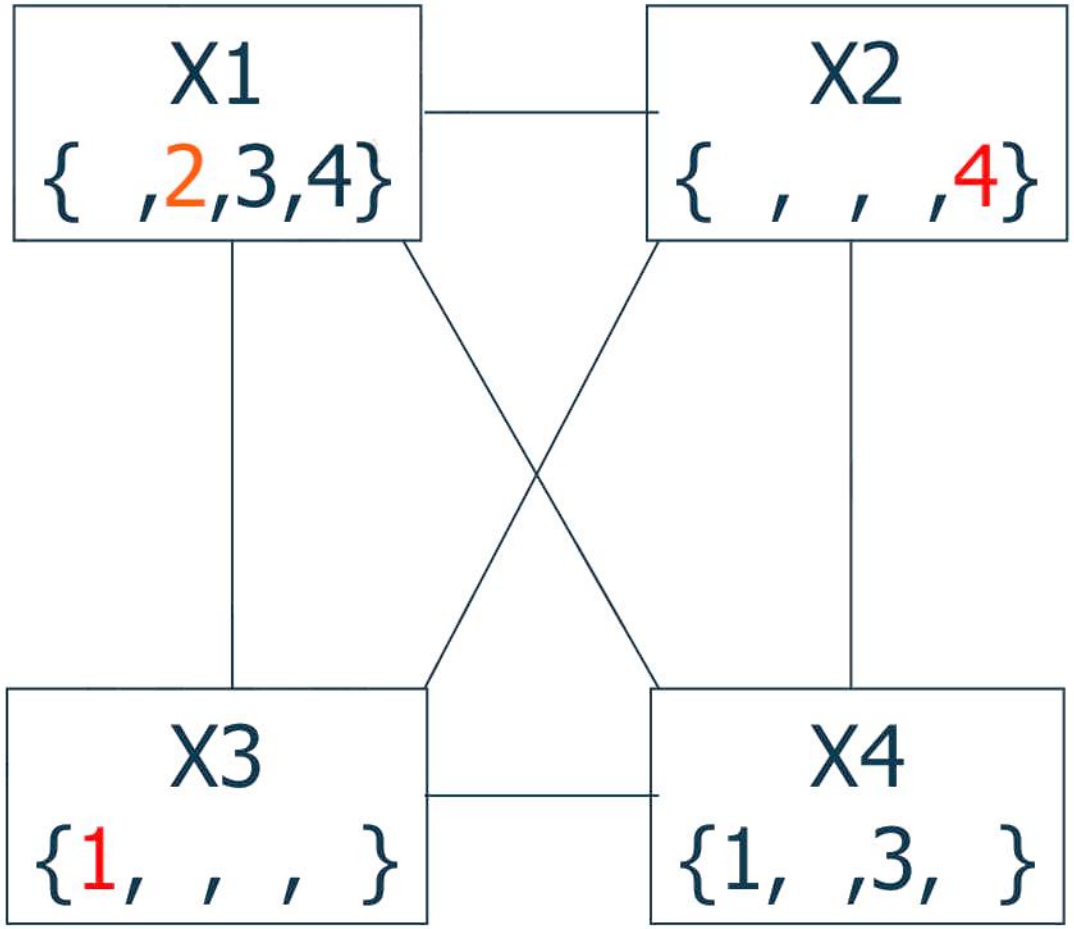
مساله چهار وزیر



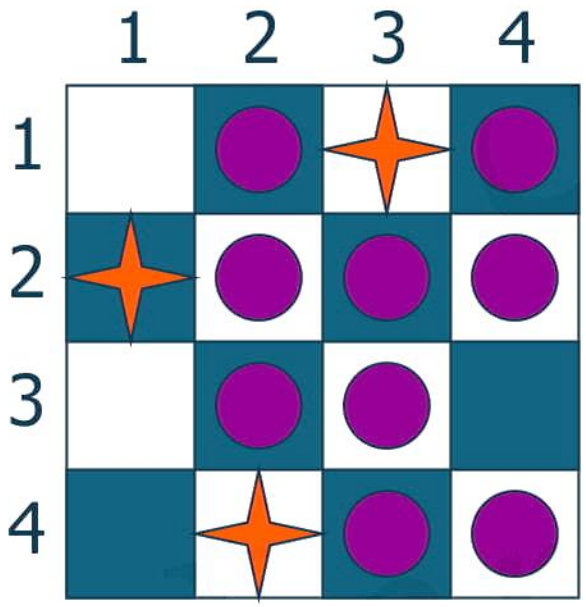


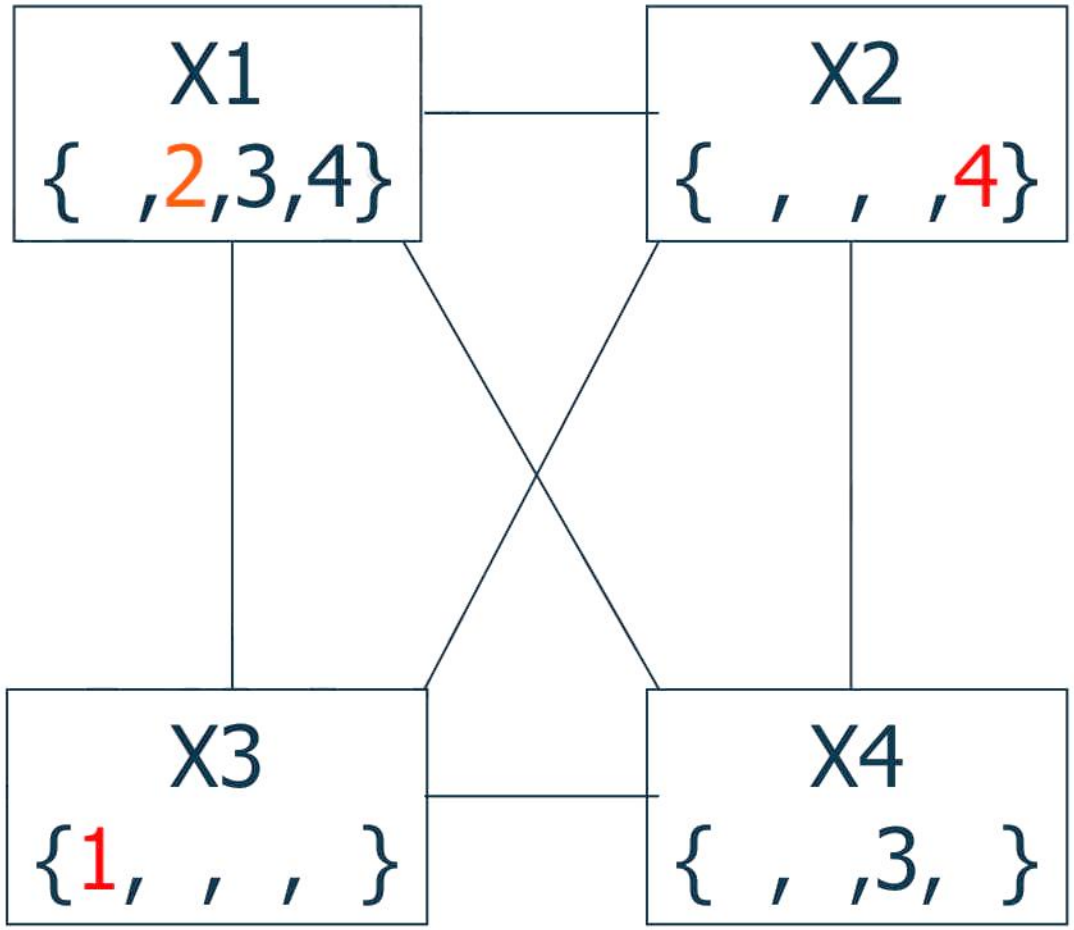
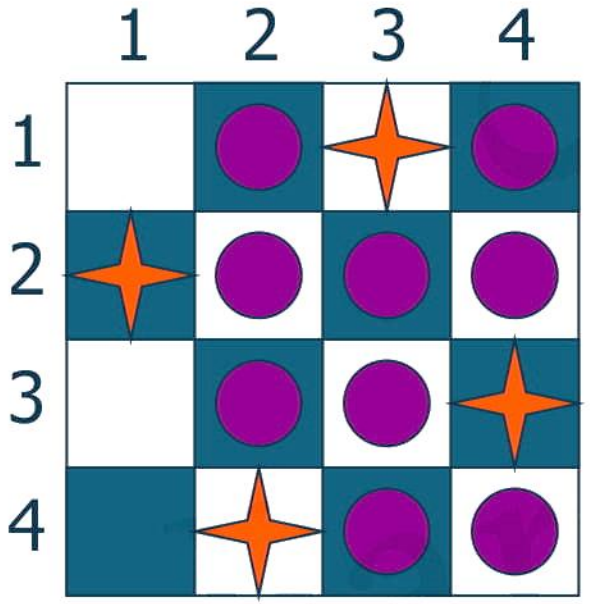
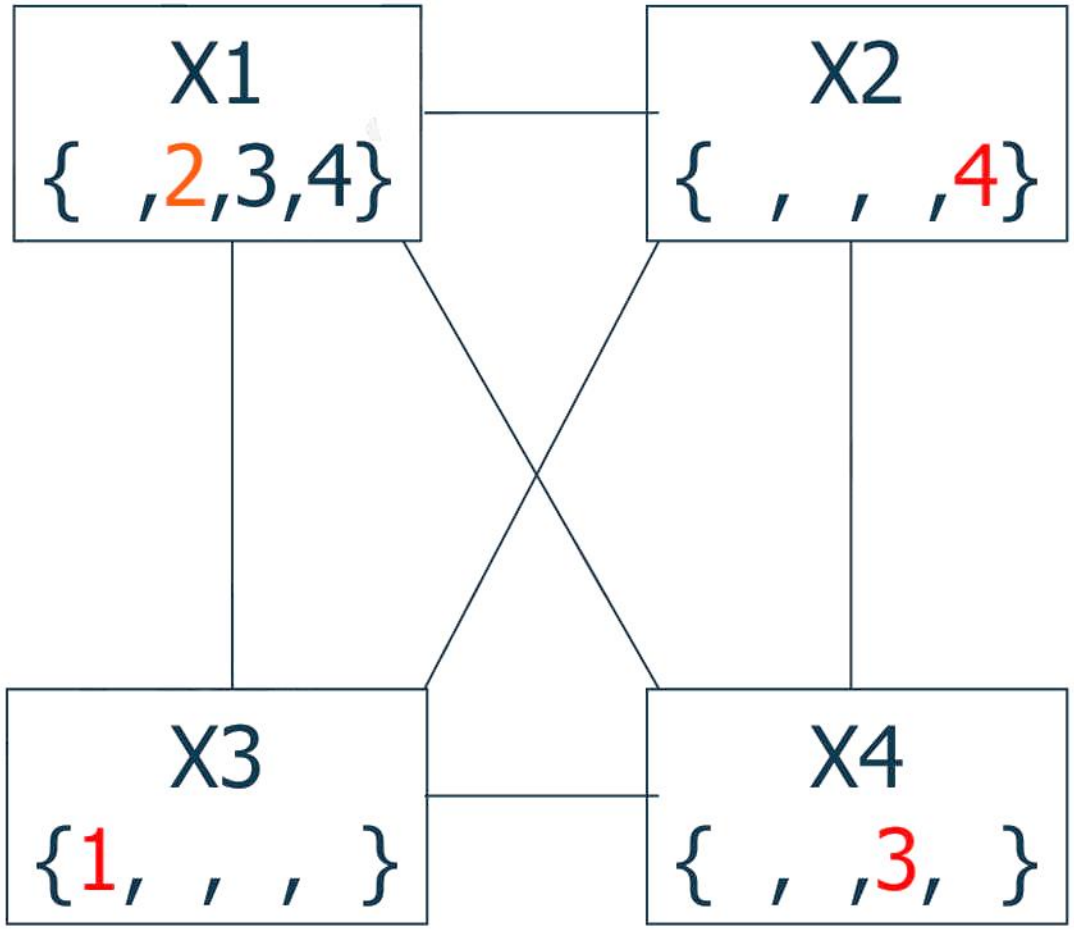
مساله چهار وزیر





مساله چهار وزیر





مساله چهار وزیر