

بسمه تعالی

هوش مصنوعی

مسائل ارضاء محدودیتها - ۲

نیمسال اول ۱۴۰۴-۱۴۰۳

دکتر مازیار پالهنک

آزمایشگاه هوش مصنوعی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

یادآوری

- متغیرها، دامنه ها، محدودیتها
- انتساب سازگار
- انتساب کامل، جزئی
- مثال رنگ آمیزی نقشه
- گراف محدودیت
- حل بصورت یک مسئله جستجو
- تنوع متغیرها
- تنوع محدودیتها

- ابرگراف محدودیت برای محدودیتهای چندتائی (همانند شکل معمای ریاضی)
- **محدودیت مطلق:** شکستن آن یک حل بالقوه را از بین می برد.
- **محدودیت ترجیحی:** بهتر است اینگونه باشد
- مثلاً در زمان بندی
- محدودیتهای ترجیحی را معمولاً می توان با افزودن هزینه به انتساب متغیرها حل نمود.

جستجوی عقبگرد

- فرض کنید از عرض نخست استفاده کنیم.
- ضریب انشعاب در عمق ۱ برابر nd است.
- ضریب انشعاب در عمق ۲ برابر $d(n-1)$ است.
- در انتها دارای $n!d^n$ برگ خواهیم بود در حالیکه کلاً d^n انتساب کامل داریم.
- انتساب متغیرها جابجائی است یعنی $\{WA=green, NT=red\}$ با $\{NT=red, WA=green\}$ یکسان است.
- بنابراین در هر مرحله فقط یک متغیر را مقدار می دهیم.
- حال d^n برگ خواهیم داشت.


- جستجوی عمق نخستی که هر بار فقط یک متغیر را مقدار می دهد، جستجوی عقبگرد نامیده می شود.
- جستجوی بنیادی م.ا.م. بصورت ناآگاهانه
- مسئله n وزیر تا $n=25$


جستجوی عقبگرد

 **function** BACKTRACKING-SEARCH(*csp*) **returns** a solution or *failure*
return BACKTRACK(*csp*, {})

function BACKTRACK(*csp*, *assignment*) **returns** a solution or *failure*
if *assignment* is complete **then return** *assignment*

 *var* \leftarrow SELECT-UNASSIGNED-VARIABLE(*csp*, *assignment*)

 **for each** *value* **in** ORDER-DOMAIN-VALUES(*csp*, *var*, *assignment*) **do**
 if *value* is consistent with *assignment* **then**
 add {*var* = *value*} to *assignment*

 *result* \leftarrow BACKTRACK(*csp*, *assignment*)
 if *result* \neq *failure* **then return** *result*

 remove {*var* = *value*} from *assignment*
return *failure*

مثال جستجوی عقبگرد

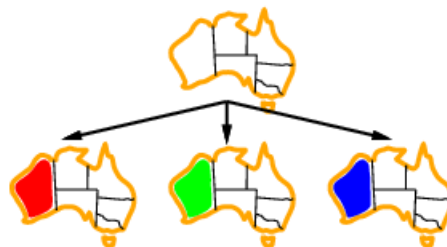


مازیار پالهنک

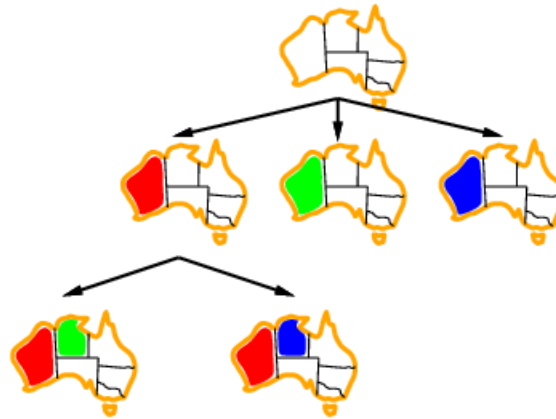
هوش مصنوعی

7

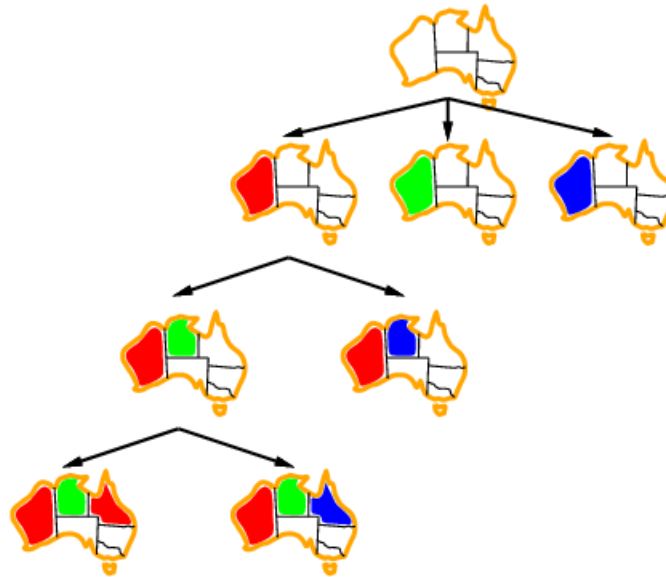
مثال جستجوی عقبگرد



مثال جستجوی عقبگرد



مثال جستجوی عقبگرد



بهبود کار آئی جستجوی عقبگرد

- چه تغییری باید بعداً انتساب داده شود؟
- به چه ترتیبی مقادیر آن باید آزموده شوند؟
- آیا می توانیم شکستهای اجتناب ناپذیر را زودتر متوجه شویم؟

متغیر محدود شده بیشینه most constrained variable

انتخاب کن که کمترین مقادیر قانونی را دارد.

انتخاب SA قبل از Q



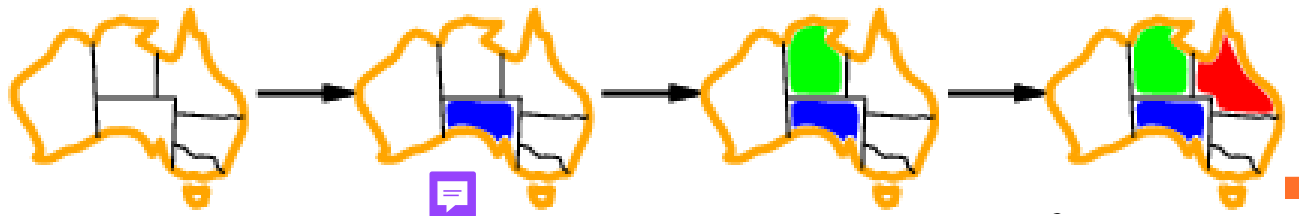
■ مکاشفه کمترین مقادیر باقیمانده (minimum remaining value): یک شکست اول

■ اگر تغییری هیچ مقادیر باقیمانده ای نداشته باشد زودتر انتخاب شده، و زودتر شکست می خوریم.

متغیر محدود کن بیشینه

most constraining variable

- کدام متغیر **ابتدا** انتخاب شود؟
- متغیری را ابتدا انتخاب کن که کمترین مقدار را برای سایر متغیرها باقی می گذارد. (مکاشفه درجه)
- ضریب انشعاب را برای گزینه های آتی می کاهد



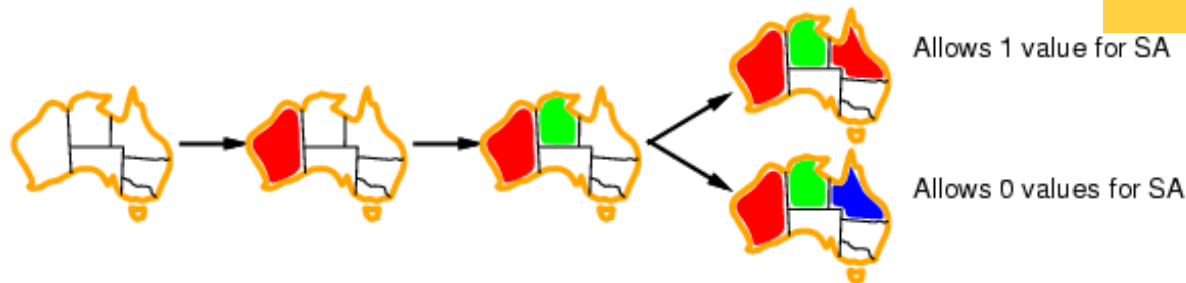
- قابل استفاده هنگامی که چند متغیر محدود شده بیشین قابل انتخاب هستند (و می خواهیم بین آنها انتخاب کنیم).

مقدار محدود کن کمینه

least constraining value

■ هنگامی که متغیر انتخاب شد، ترتیب انتخاب مقادیر متغیر مهم است.

■ متغیری که کمترین مقادیر را از متغیرهای باقیمانده حذف می کند.



■ ترکیب مکاشفه های گفته شده ۱۰۰۰ وزیر را نیز امکان پذیر می سازد.

چک جلو

- دنبال کردن مقادیر متغیرهای باقیمانده انتساب نشده
- خاتمه جستجو هنگامی که تغییری هیچ مقدار قانونی نداشته باشد.



چک جلو

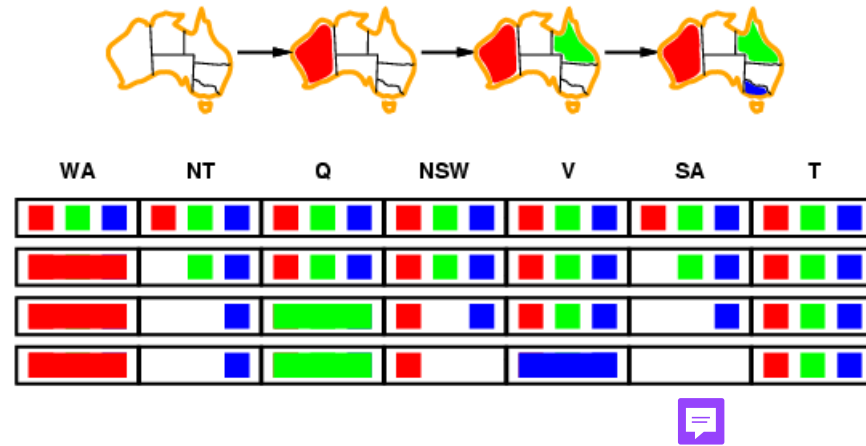


چک جلو



WA	NT	Q	NSW	V	SA	T

چک جلو



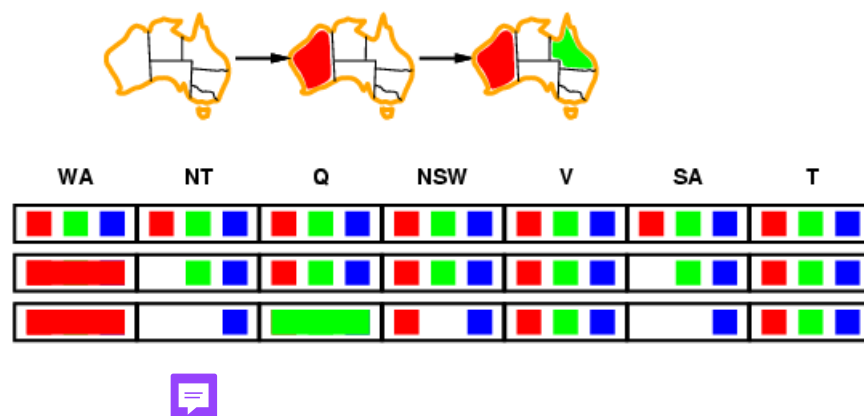
مازیار پالهنک

هوش مصنوعی

18

انتشار محدودیت

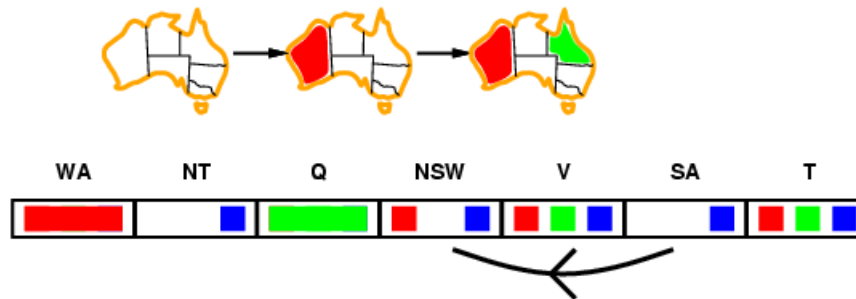
- چک جلو اطلاعات را از متغیرهای انتساب شده به نشده انتقال می دهد ولی اجازه تشخیص همه ناسازگاریهای زود هنگام را نمی دهد.



- NT و SA نمی توانند هر دو آبی باشند.

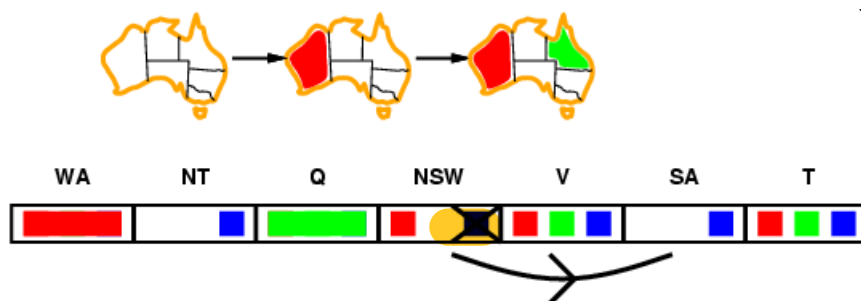
سازگاری کمان

- کمان منظور یالی است در گراف محدودیت
- کمان $X \rightarrow Y$ سازگار گفته می شود اگر برای هر مقدار X در دامنه X مقدار Y در دامنه Y وجود داشته باشد که با آن سازگار باشد.
- مثال کمان سازگار



سازگاری کمان

- کمان منظور یالی است در گراف محدودیت
- کمان $X \rightarrow Y$ سازگار گفته می شود اگر برای هر مقدار X در دامنه X مقدار Y در دامنه Y وجود داشته باشد که با آن سازگار باشد.
- مثال کمان ناسازگار

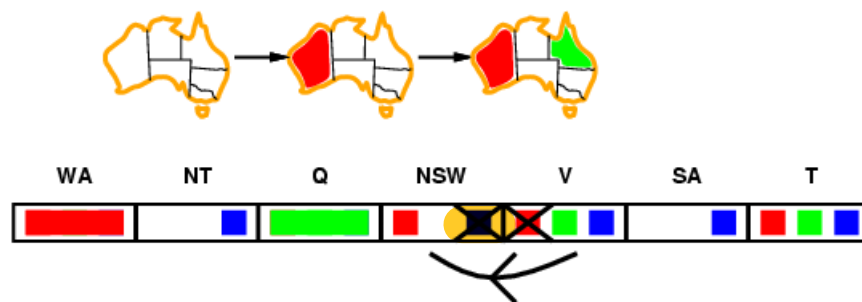


سازگاری کمان

- سعی کن همه کمانها را سازگار کنی
- اگر سعی کنیم NT و SA را سازگار کمان کنیم، به دامنه تهی می
رسیم.
- سازگاری کمان می تواند قبل از جستجو به عنوان پیش پردازش
اعمال شود.
- یا بعد از هر انتساب

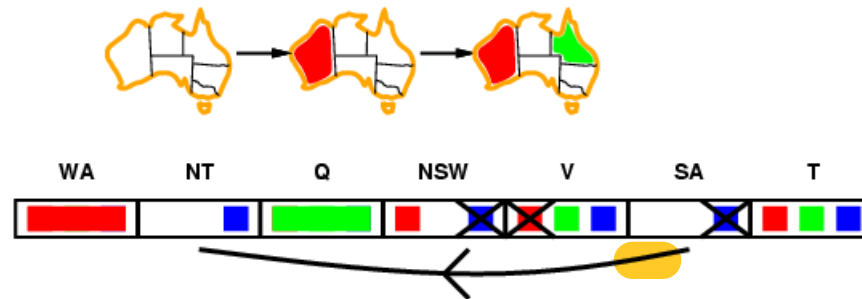
سازگاری کمان

- اگر X مقداری را از دست داد لازم است همسایگان آن چک شوند.
- چون حذف آن مقدار می تواند سازگاری کمان قبلی را از بین ببرد.




سازگاری کمان


■ سازگاری کمان شکست را زودتر از چک جلو تشخیص می دهد.



سازگاری کمان

function AC-3(*csp*) **returns** false if an inconsistency is found and true otherwise

 *queue* \leftarrow a queue of arcs, initially all the arcs in *csp*

while *queue* is not empty **do** 

$(X_i, X_j) \leftarrow \text{POP}(\text{queue})$

if REVISE(*csp*, X_i , X_j) **then**

if size of $D_i = 0$ **then return false**

for each X_k **in** $X_i.\text{NEIGHBORS} - \{X_j\}$ **do**

 add (X_k, X_i) to *queue*

return true

function REVISE(*csp*, X_i , X_j) **returns** true iff we revise the domain of X_i

revised \leftarrow false

for each x **in** D_i **do**

if no value y in D_j allows (x,y) to satisfy the constraint between X_i and X_j **then**

 delete x from D_i

revised \leftarrow true

return revised

سازگاریهای دیگر

■ سازگاری رأس:

■ یک متغیر (متناظر با یک رأس در گراف م.ا.م.) سازگار-رأس است اگر همه مقادیر دامنه آن محدودیتهای یکتائی را ارضا کنند.

■ مثلاً اگر مردم SA رنگ سبز را دوست ندارند باید از دامنه آن حذف شود.

■ یک گراف سازگار-رأس نامیده می شود اگر همه رئوس آن سازگار-رأس باشند.

سازگاریهای دیگر

- سازگاری مسیر:
- سازگاری کمان امکان دارد دامنه متغیرها را به یک عضو کاهش داده و پاسخ مسئله را بیابد،
- یا دامنه برخی متغیرها بدون عضو بماند و مشخص شود که مسئله بدون پاسخ است.
- اما همواره برخی مشکلات را متوجه نمی شود.
- مثلاً اگر در مسئله رنگ آمیزی نقشه دامنه هرمتغیر دارای دو رنگ {آبی، سبز} باشد.
- گراف سازگاری کمان دارد ولی مسئله حل شدنی نیست.

سازگاریهای دیگر

- دو متغیر $\{X_i, X_j\}$ نسبت به متغیر X_m سازگار-مسیر هستند اگر:
- برای هر انتساب $\{X_i=a, X_j=b\}$ که با محدودیتهای (X_i, X_j) سازگار است، انتسابی برای X_m وجود داشته باشد که محدودیتهای (X_i, X_m) و (X_m, X_j) را ارضا کند.
- بطور مثال تلاش برای سازگاری مسیر (WA, SA) نسبت به NT در حالتی که دامنه متغیرها دارای دو رنگ $\{\text{آبی و قرمز}\}$ باشد.
- دو انتساب سازگار $\{WA=\text{red}, SA=\text{blue}\}$ یا $\{WA=\text{blue}, SA=\text{red}\}$
- هیچ رنگی برای NT باقی نمی ماند.

سازگاریهای دیگر

■ سازگاری - k :

■ یک م.ا.م. سازگار- k است اگر برای هر انتساب سازگار به $k-1$ متغیر، یک انتساب سازگار برای هر متغیر k ام وجود داشته باشد.

■ سازگاری-۱ همانند سازگاری رأس

■ سازگاری-۲ همانند سازگاری کمان

■ سازگاری-۳ همانند سازگاری مسیر

■ یک م.ا.م. **سازگار- k -قوی** است اگر سازگار- k ، سازگار- $k--$ 1، سازگار- $k-2$ ،، تا سازگار-۱ باشد.

سازگاریهای دیگر

■ محدودیتهای جهانی:

■ همانگونه که قبلاً اشاره شد یک محدودیت جهانی شامل محدودیتی است که شامل چند متغیر (نه الزاماً همه) گردد.

■ بطور مثال Alldiff

■ روشی ساده برای تشخیص ناسازگاری در Alldiff:

■ اگر m متغیر در محدودیت شرکت دارند و اگر آنها روی هم دارای n مقدار متفاوت هستند و $m > n$ ، در این صورت محدودیت قابل ارضاء نیست.

سازگاریهای دیگر

- منجر به یک راهکار ساده:
- هر متغیر تک مقدار را از محدودیت حذف نمائید،
- مقدار آن متغیرها را از دامنه دیگر متغیرها حذف نمائید،
- مادامی که متغیر تک مقداری باقی مانده این کار را تکرار کنید،
- هر زمان یک دامنه تهی تشخیص داده شد، یا تعداد متغیرها بیش از تعداد مقادیر باقی مانده بود یک ناسازگاری تشخیص داده شده است.
- بطور مثال: در مسئله رنگ آمیزی WA،SA،NT با دو رنگ ناسازگاری تشخیص داده می شود (سه متغیر و دو رنگ).

جستجوی عقبگرد

function BACKTRACKING-SEARCH(*csp*) **returns** a solution or *failure*
 return BACKTRACK(*csp*, { })

function BACKTRACK(*csp*, *assignment*) **returns** a solution or *failure*
 if *assignment* is complete **then return** *assignment*
 var ← SELECT-UNASSIGNED-VARIABLE(*csp*, *assignment*)
 for each *value* **in** ORDER-DOMAIN-VALUES(*csp*, *var*, *assignment*) **do**
 if *value* is consistent with *assignment* **then**
 add {*var* = *value*} to *assignment*
 inferences ← INFERENCE(*csp*, *var*, *assignment*)
 if *inferences* ≠ *failure* **then**
 add *inferences* to *csp*
 result ← BACKTRACK(*csp*, *assignment*)
 if *result* ≠ *failure* **then return** *result*
 remove *inferences* from *csp*
 remove {*var* = *value*} from *assignment*
 return failure



دانشگاه صنعتی اصفهان

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی

33

- دقت نمائید که پاورپوینت ابزاری جهت کمک به یک ارائه شفاهی می باشد و به هیچ وجه یک جزوه درسی نیست و شما را از خواندن مراجع درس بی نیاز نمی کند.
- لذا حتماً مراجع اصلی درس را مطالعه نمائید.
- در تهیه اسلایدها از سایت کتاب استفاده شده است.
- حضور فعال در کلاس دارای امتیاز است.