



دانشگاه صنعتی امیرکبیر



دانشکده مهندسی کامپیوتر

مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی

جلسه دوم کلاس حل تمرین

آبان ۱۴۰۰

مسائل ارضای محدودیت (CSP)



تعریف مسائل ارضای محدودیت

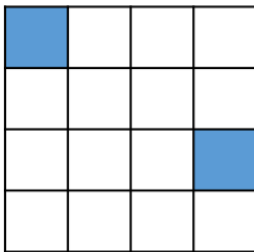
- یک مسئله‌ی ارضای محدودیت شامل سه جزء زیر است:
 - مجموعه‌ای از **متغیرها** $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$
 - مجموعه‌ای از **دامنه‌ها** $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$
 - هر دامنه‌ی D_i شامل مجموعه‌ای از مقادیر مجاز $\{v_1, \dots, v_k\}$ برای متغیر X_i است.
 - مجموعه‌ای از **محدودیت‌ها** $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$
- هر محدودیت C_i یک زوج $\langle \text{scope}, \text{rel} \rangle$ است که scope چندتایی است که در محدودیت شرکت می‌کند و rel رابطه‌ای است که مقادیری که متغیرها می‌توانند بگیرند را تعریف می‌کند.
- برای مثال اگر بخواهیم رابطه‌ی نابرابری بین دو متغیر که هر دو دامنه‌ی $\{A, B\}$ هستند را نشان دهیم یکی از دو روش زیر را می‌توانیم به کار ببریم:

$$\langle (X_1, X_2), [(A, B), (B, A)] \rangle$$

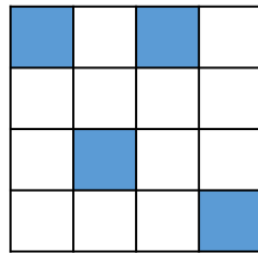
$$\langle (X_1, X_2), X_1 \neq X_2 \rangle$$

تعریف مسائل ارضای محدودیت (ادامه)

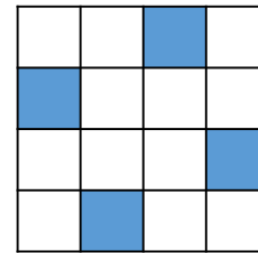
- برای حل یک مسئله ارضای محدودیت می‌بایست فضای حالت و راه‌حل تعریف شود.
- فضای حالت: هر حالت یک انتساب مقادیر به برخی یا همه متغیرها است
 $\{X_i=v_i, X_j=v_j, \dots\}$ (انتساب جزئی)
- راه‌حل (هدف): یک انتساب **کامل** و **سازگار** از مقادیر به متغیرها
- سازگار: انتسابی که هیچ یک از محدودیت‌ها را نقض نمی‌کند.
- کامل: به هر یک از متغیرها مقداری نسبت داده شده باشد.



$$\{X_1=1, X_4=3\}$$



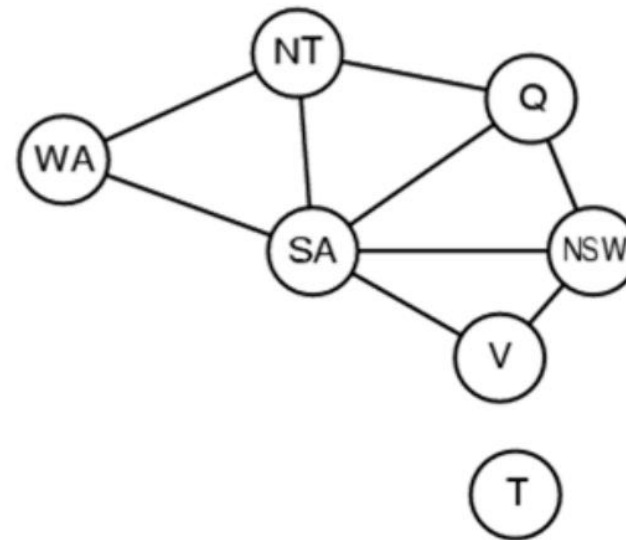
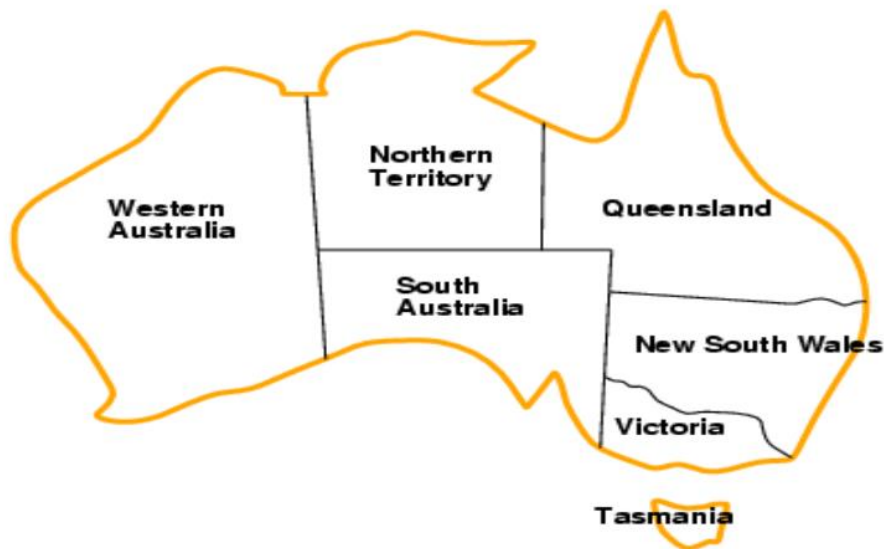
$$\{X_1=1, X_2=3, X_3=1, X_4=4\}$$



$$\{X_1=2, X_2=4, X_3=1, X_4=3\}$$

گراف محدودیت

- گراف محدودیت: گرافی که گره‌ها در آن نشان‌دهنده‌ی متغیرها و یال‌ها نشان‌دهنده‌ی محدودیت‌های بین متغیرها است.

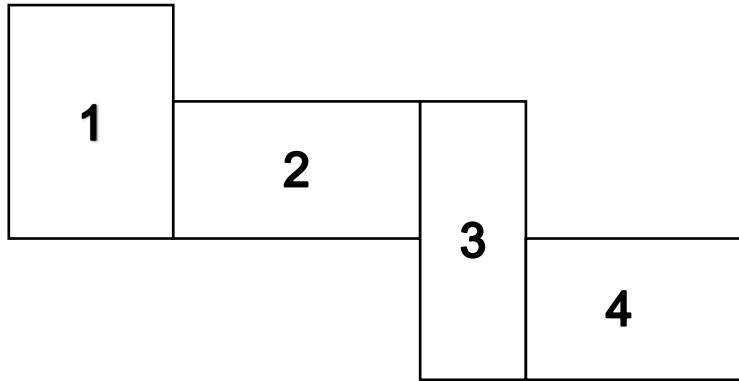


انواع محدودیت در مسائل ارضای محدودیت

- یگانی (unary) باعث محدود شدن مقدار یک متغیر منفرد می شود.
• مثال: $\langle (SA), SA \neq \text{green} \rangle$
- دوگانی (binary) محدودیت شامل یک زوج از متغیرها می باشد،
• مثال: $\langle (SA, WA), SA \neq WA \rangle$
- محدودیت مرتبه بالاتر (Higher-order) شامل سه یا بیشتر متغیر است.
• مثال: مقدار Y بین X و Z است $\text{Between}(X, Y, Z)$
- محدودیت سراسری شامل تعداد دلخواه از متغیرها است.
• مثال: Alldiff یعنی تمام متغیرهای موجود در محدودیت باید مقادیر متفاوت داشته باشند.

سوال اول

- قرار است مسئولان شهر یک باغ وحش تاسیس کنند. آن‌ها می‌خواهند هفت حیوان را به باغ وحش بیاورند و تنها چهار قفس برای نگهداری آن‌ها دارند، بنابراین برخی از حیوانات باید در یک مکان مشترک، با هم قرار بگیرند. اما در این باغ وحش نمی‌توان هر دو حیوانی را با هم در یک مکان قرار داد. هفت حیوان شیر، ببر، گراز، طوطی، بز کوهی، راسو و سنجاب قرار است به باغ وحش آورده شوند و نقشه باغ وحش مطابق شکل زیر است.



سوال اول

گزاره‌های زیر نباید هیچ‌گاه نقض شوند:

- شیر و ببر از یکدیگر متنفر هستند و نمی‌توانند در یک مکان قرار بگیرند.
- سنجاب و گراز دوستان صمیمی بوده و می‌خواهند با هم در یک جا باشند.
- راسو بوی بدی می‌دهد و تنها ببر حاضر است با او در یک مکان مشترک باشد.
- ببر اگر با گراز، طوطی و سنجاب در یک مکان مشترک قرار بگیرد، آن‌ها را شکار می‌کند.
- شیر و ببر قصد دارند بز کوهی را شکار کنند و بز کوهی نمی‌تواند با آن‌ها در یک مکان مشترک بوده و یا حتی در خانه‌ای در مجاورت آن‌ها باشد.
- شیر و طوطی نمی‌خواهند در یک مکان مشترک قرار بگیرند.
- شیر باید در مکان شماره ۱ قرار بگیرد.

سوال اول

به روش backtracking مساله را حل کنید. با استفاده از forward checking در هر مرحله مقادارهای حذف شده از دامنه متغیرها را مشخص کنید. همچنین برای انتخاب ترتیب مناسب از هیوریستیک‌های ذکر شده در کلاس استفاده کنید. (در شرایطی که چند انتخاب دارید بر اساس ترتیب حروف الفبا عمل کنید.) در نهایت هم درخت جستجوی خود را رسم کنید.

سوال دوم

یک مسئله CSP با محدودیت‌های زیر را در نظر گرفته و به سوالات زیر پاسخ دهید.

▪ B عددی زوج باشد

▪ $P > 3$

▪ I نه 1 باشد و نه 6

▪ $K < P$

▪ $|I - C| = 1$

▪ M برابر با 5 یا 6 باشد

▪ $|P - B| = 2$

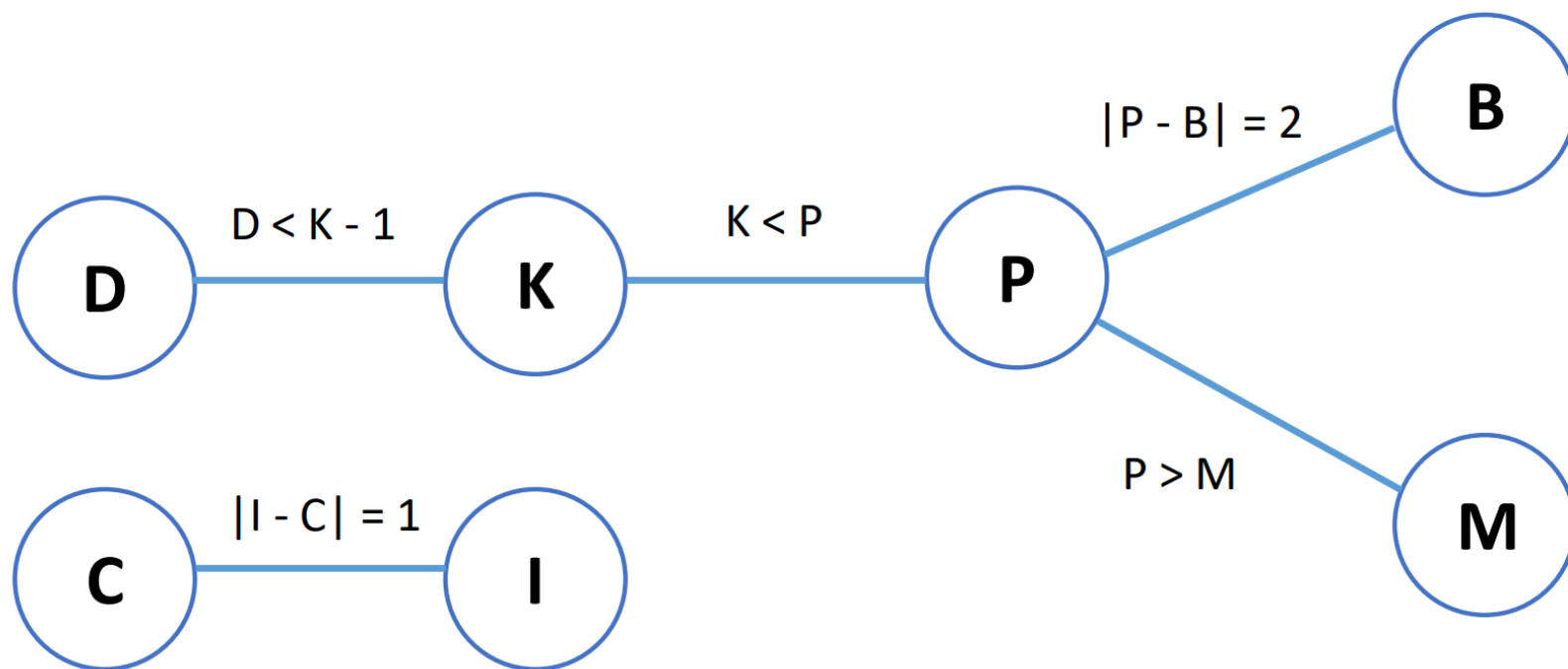
▪ $P > M$

▪ $D < K - 1$

دامنه تمام متغیرها را مجموعه اعداد $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ فرض کنید.

سوال دوم

• الف) گراف محدودیت را رسم کنید.



سوال دوم

• (ب) محدودیت‌های یگانی (unary) را مشخص کنید.

P	1	2	3	4	5	6
B	1	2	3	4	5	6
M	1	2	3	4	5	6
K	1	2	3	4	5	6
D	1	2	3	4	5	6
C	1	2	3	4	5	6
I	1	2	3	4	5	6

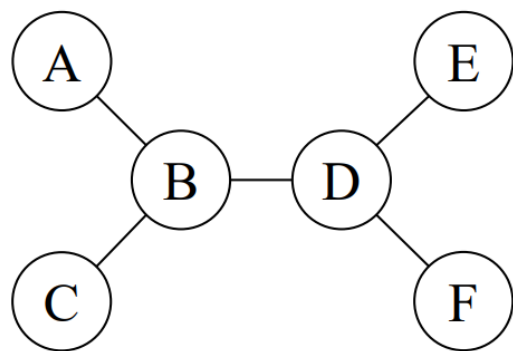
سوال دوم

- (ج) برای یافتن راه حل این مساله، با استفاده از جستجوی عقبگرد قدم به قدم مشخص کنید که به هر متغیر چه مقداری اختصاص می یابد. فرض کنید که روش استنتاج مورد استفاده از جستجوی عقبگرد forward checking باشد و تنها از هیوریستیک MRV استفاده شود.

[illegible][illegible][illegible][illegible]

مسائل CSP به صورت درختی

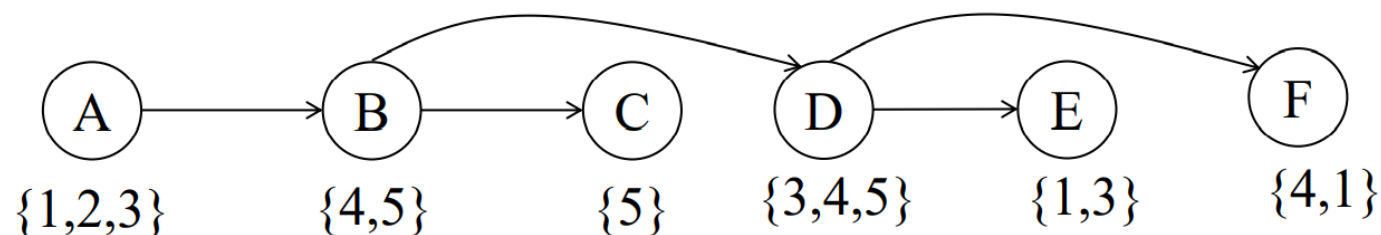
- یک متغیر را به عنوان ریشه انتخاب کن و سپس متغیرها را از ریشه تا برگ‌ها به گونه‌ای مرتب کن که والد هر گره قبل از آن گره قرار بگیرد.



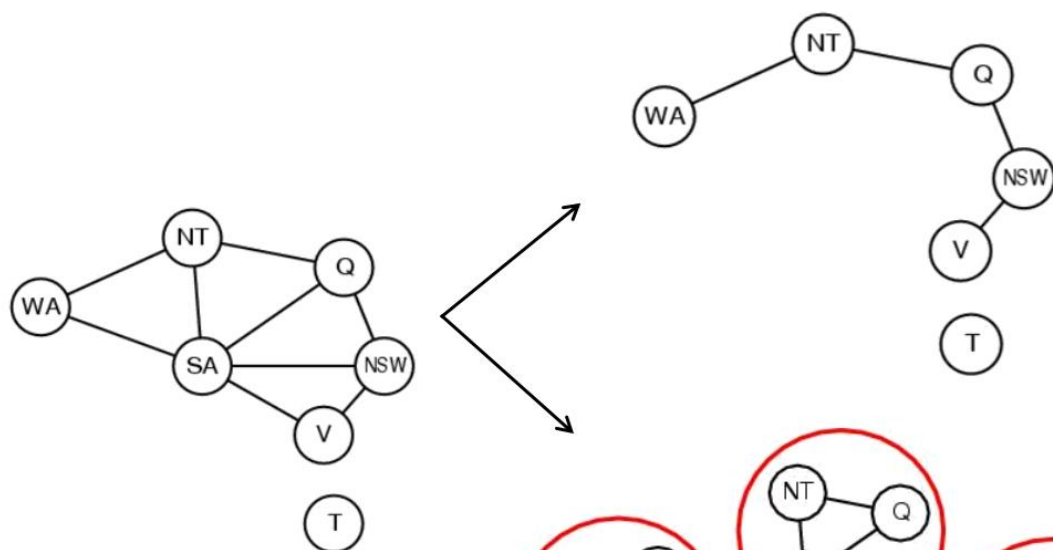
- یادآوری: مرتب‌سازی توپولوژیکی (Topological sort)

- بر روی هر یک از کمان‌های والد به فرزند عمل سازگاری کمان را انجام بده.

- برای هر متغیر مقداری سازگار با والدش انتخاب کن.

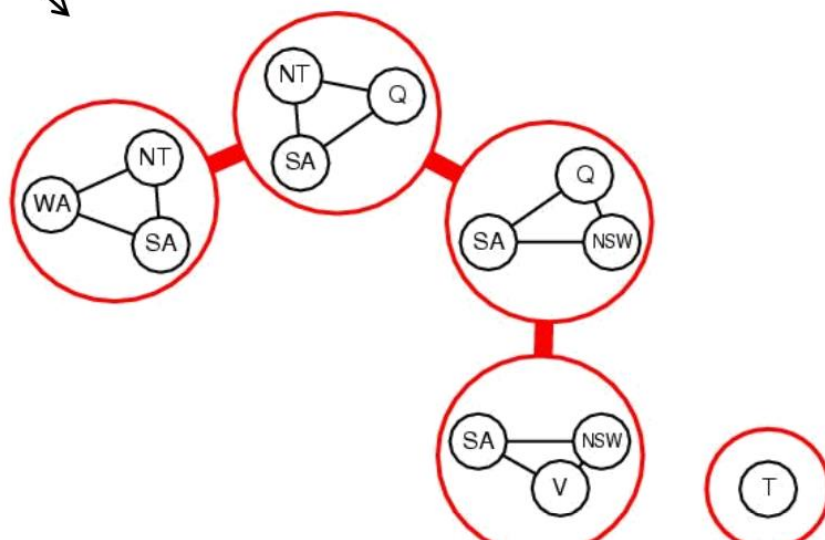


تبدیل به مسائل CSP به صورت درختی



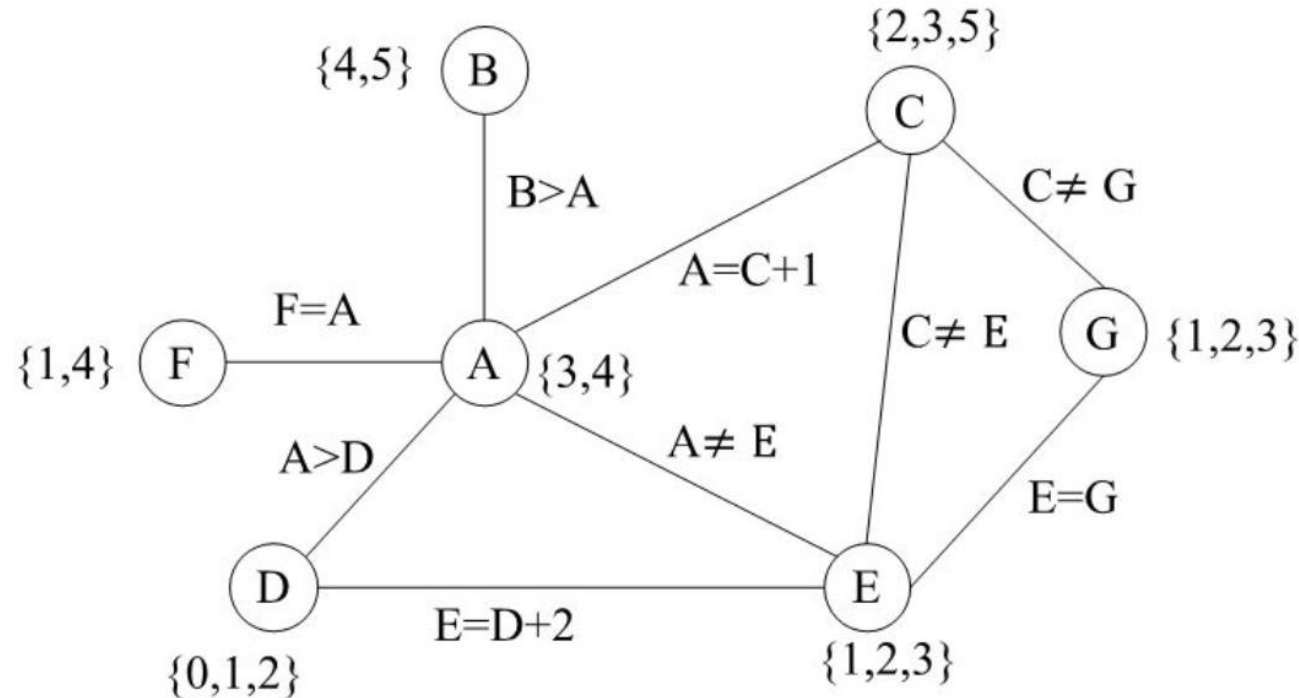
• راه کار اول: حذف یک سری از گره ها

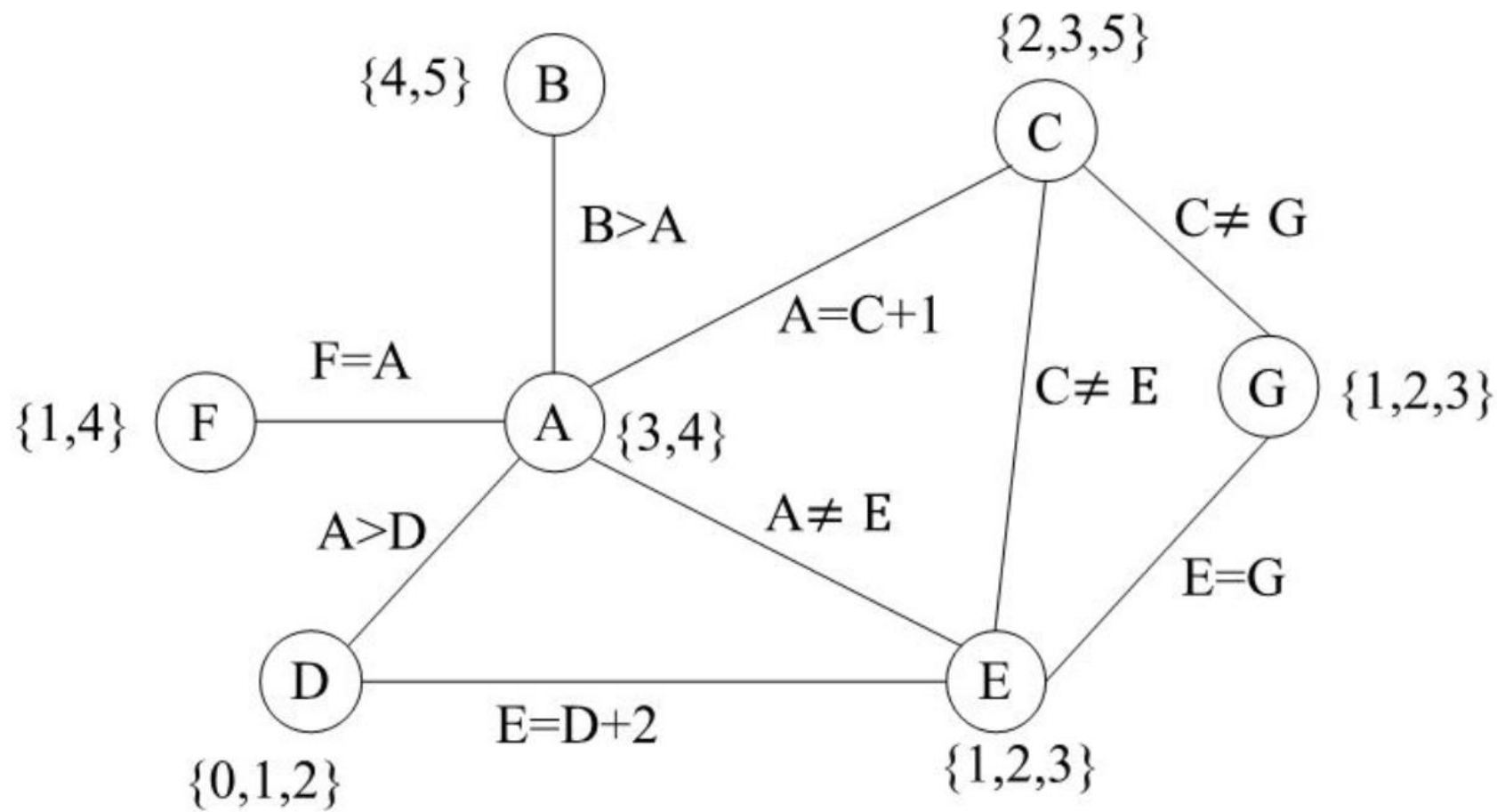
• راه کار دوم: تجزیه درختی



سوال سوم

یک مسالهی CSP با گراف محدودیت زیر مفروض است. با حذف کمترین تعداد گره ممکن، این گراف محدودیت را به یک ساختار درختی تبدیل کرده و راه حل مسئله را براساس آن به دست آورید. (درمقداردهی به متغیرها مقادیر کوچکتر از اولویت بیشتری برخوردار هستند)

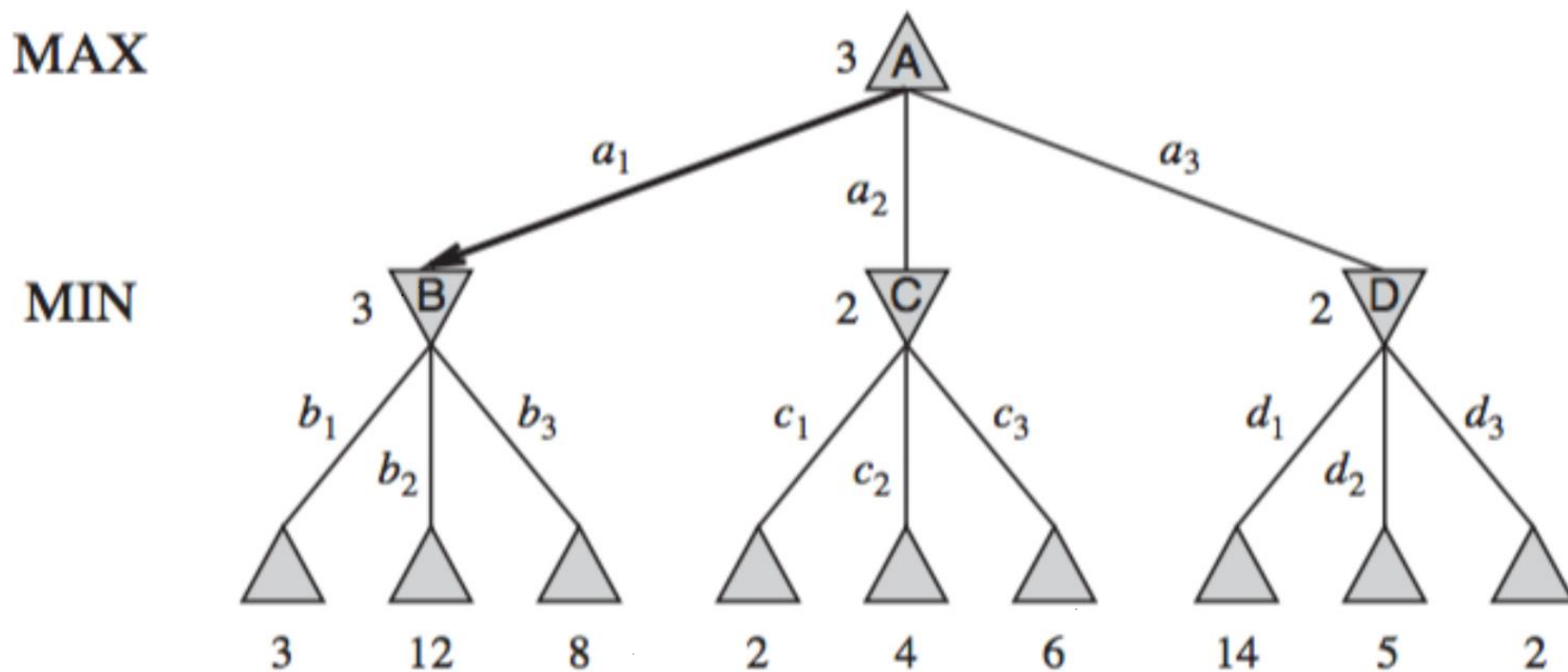




جستجوهای خصمانه (Adversarial Search)



جستجوی تخصی



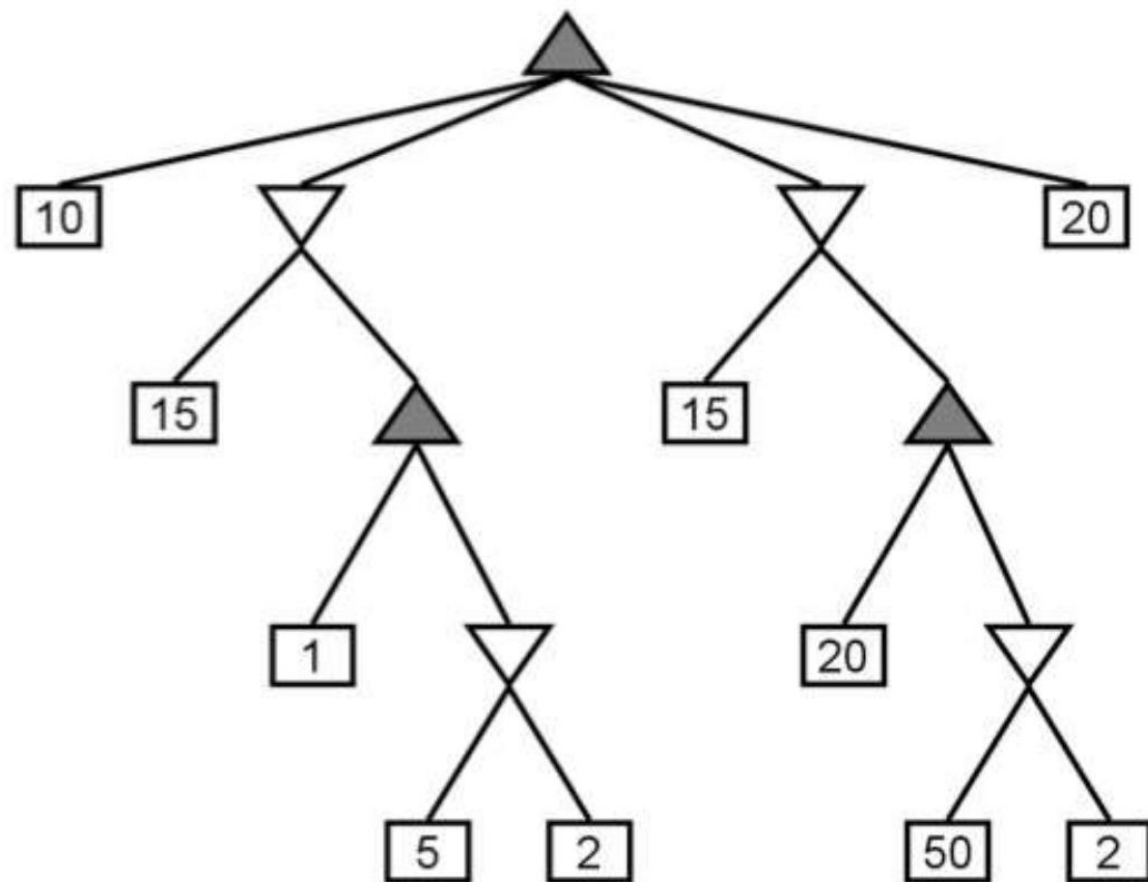
MINIMAX بدترین نتیجه برای MAX را بیشینه می کند چون فکر می کند همیشه MIN می خواهد بهینه عمل کند.

ایده هرس آلفا-بتا

- مشکل الگوریتم بیشینه کمینه این است که تمام گره‌های درخت را بررسی می‌کند.
- این تعداد برحسب تعداد حرکات نمایی است در نتیجه زمان زیادی می‌برد.
- به هیچ طریقی نمی‌توان رابطه‌ی نمایی را از بین برد اما می‌توان با هرس تعداد حالات بررسی را تقریباً به نصف کاهش داد.
- ایده هرس کردن
- عدم بررسی برخی شاخه‌ها و افزایش سرعت در تصمیم‌گیری
- هرس آلفا-بتا که به یک درخت بیشینه کمینه استاندارد اعمال می‌شود، همان جواب الگوریتم بیشینه کمینه را برمی‌گرداند با این تفاوت که در این روش، شاخه‌هایی که در تصمیم‌گیری نهایی تأثیری ندارند، هرس می‌شود.

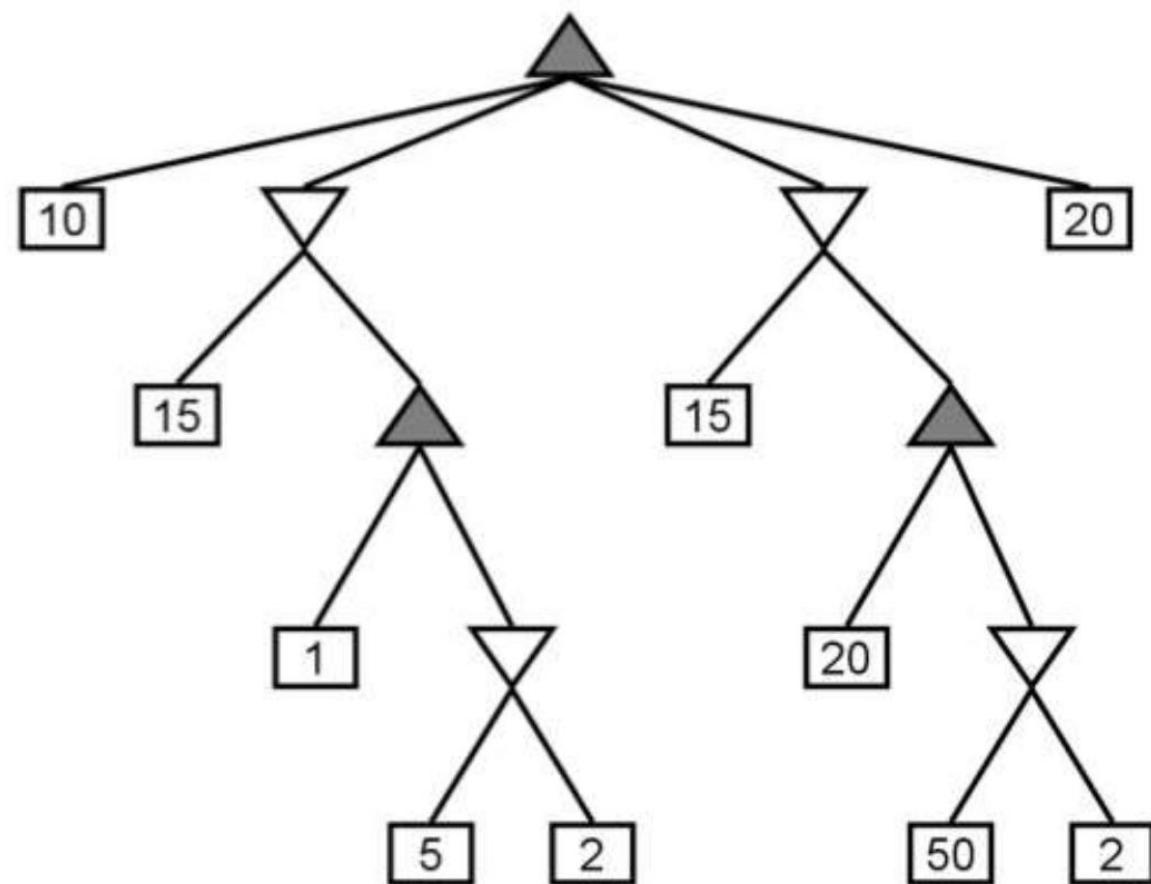
سوال چهارم

• مقداری که ریشه درخت MINIMAX زیر میگیرد چقدر است؟



سوال چہارم

• ہرس آلفا-بتا؟



More Details

- <https://www.youtube.com/watch?v=xBXHtz4Gbdo>

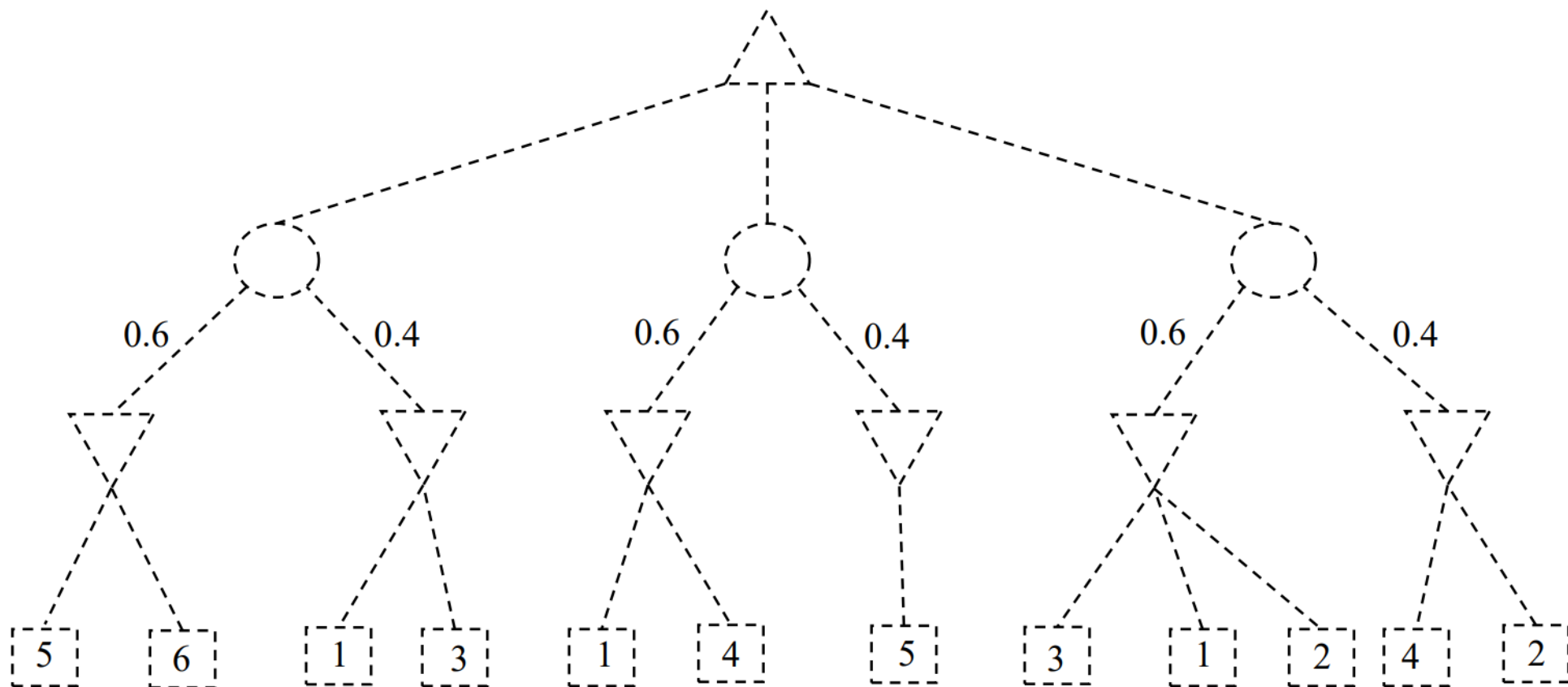
Expectimax



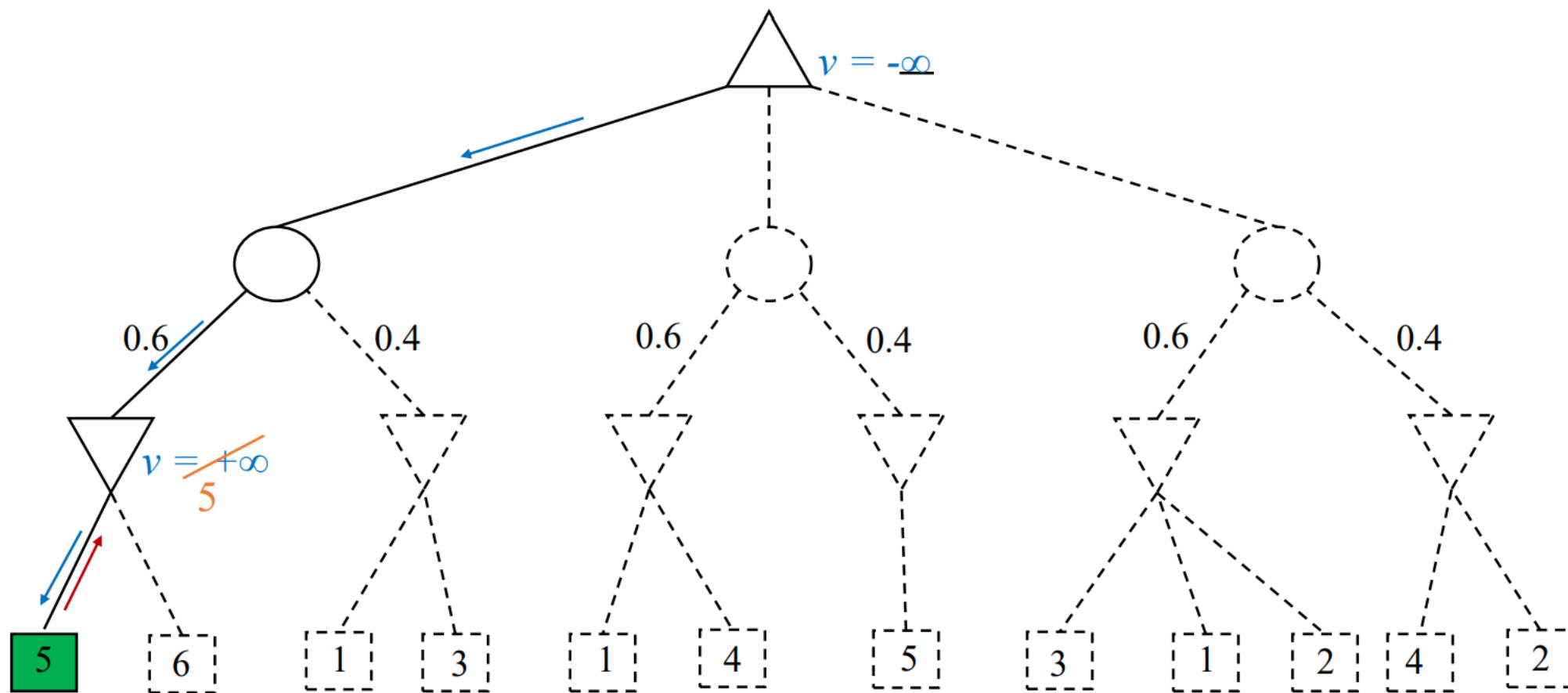
بازی‌های حاوی عنصر شانس

- ما می‌خواهیم حرکتی را انتخاب کنیم که بهترین موقعیت را ایجاد کند اما MINMAX قطعی برای موقعیت‌ها نداریم. در عوض می‌توانیم مقدار مورد انتظار موقعیت را شناسایی کنیم که میانگین تمام نتایج ممکن مربوط به گره‌های شانس است.
- به این ترتیب می‌توان مقدار MIINMAX مربوط به بازی‌های قطعی را به یک مقدار MINMAX مورد انتظار برای بازی‌های با گره شانس تعمیم داد.

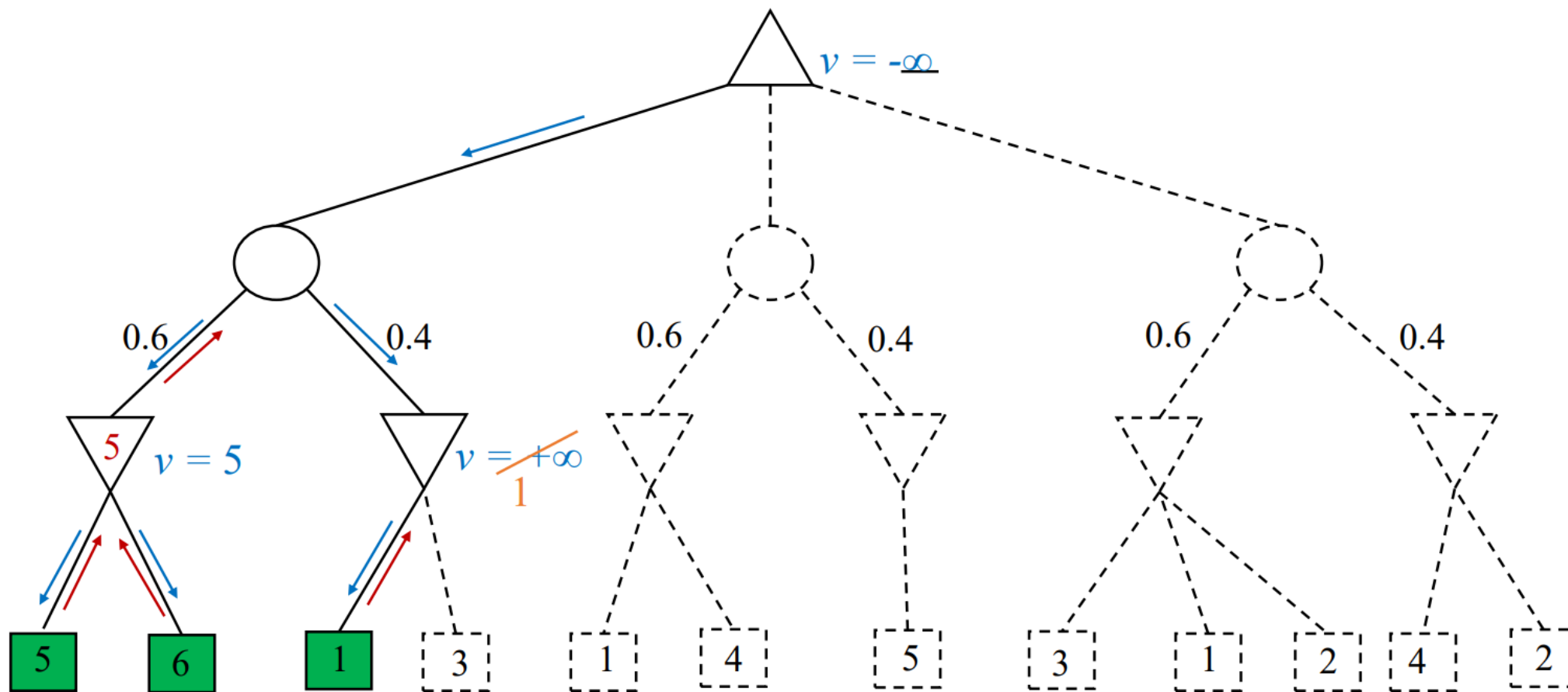
بازی‌های حاوی عنصر شانس



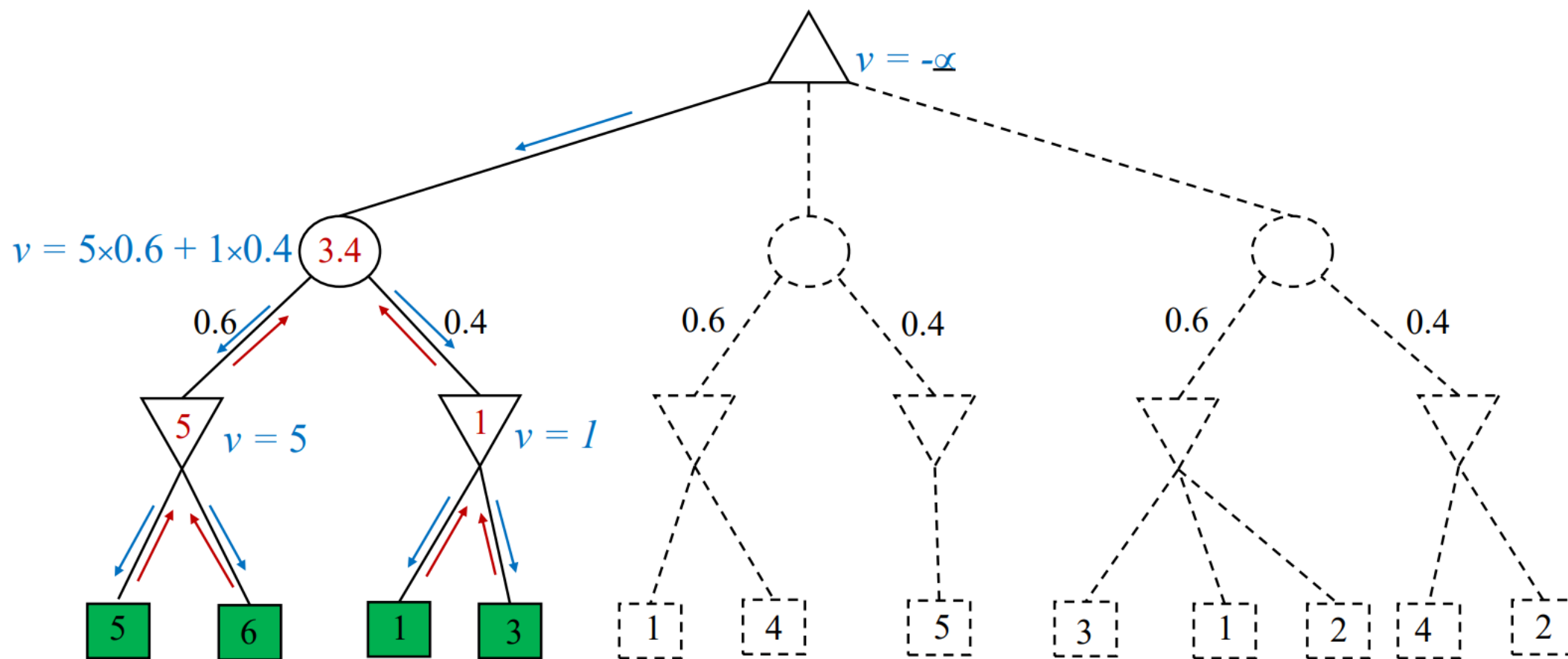
بازی‌های حاوی عنصر شانس



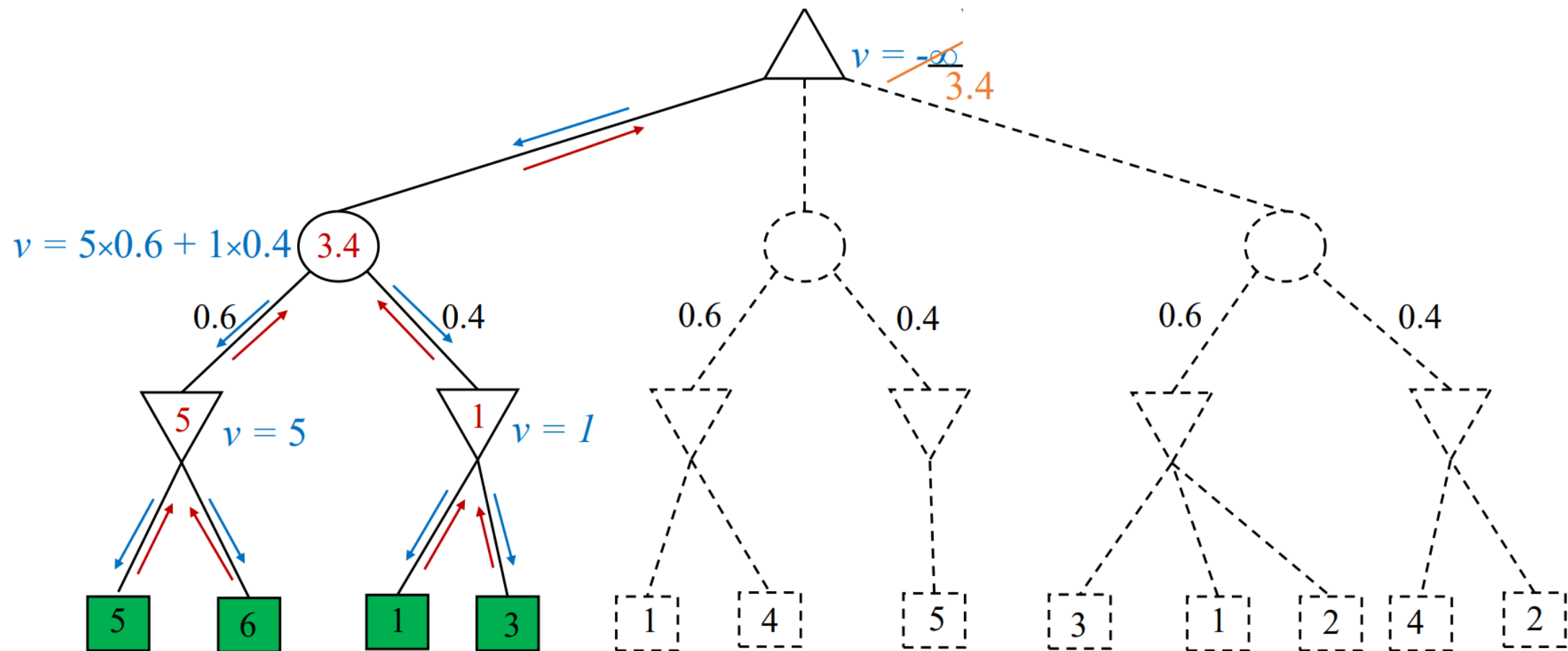
بازی‌های حاوی عنصر شانس



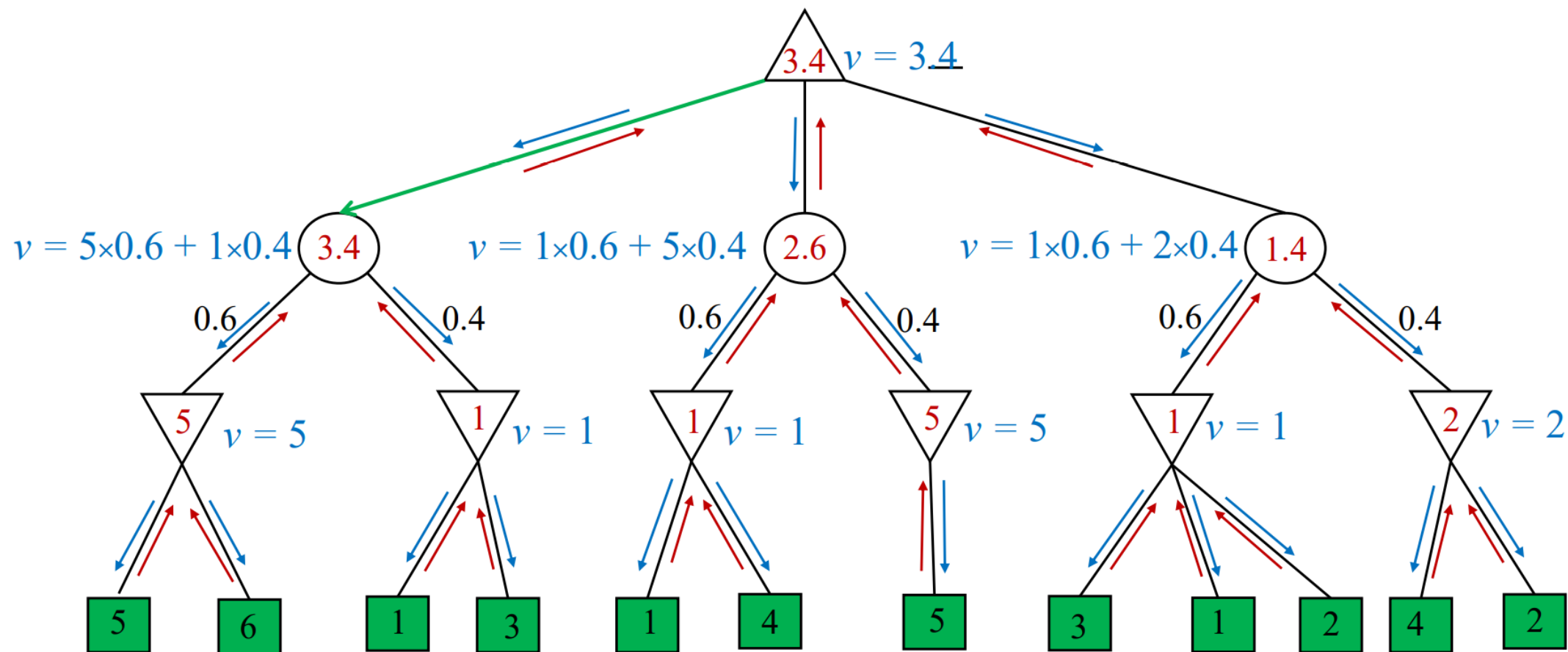
بازی‌های حاوی عنصر شانس



بازی‌های حاوی عنصر شانس

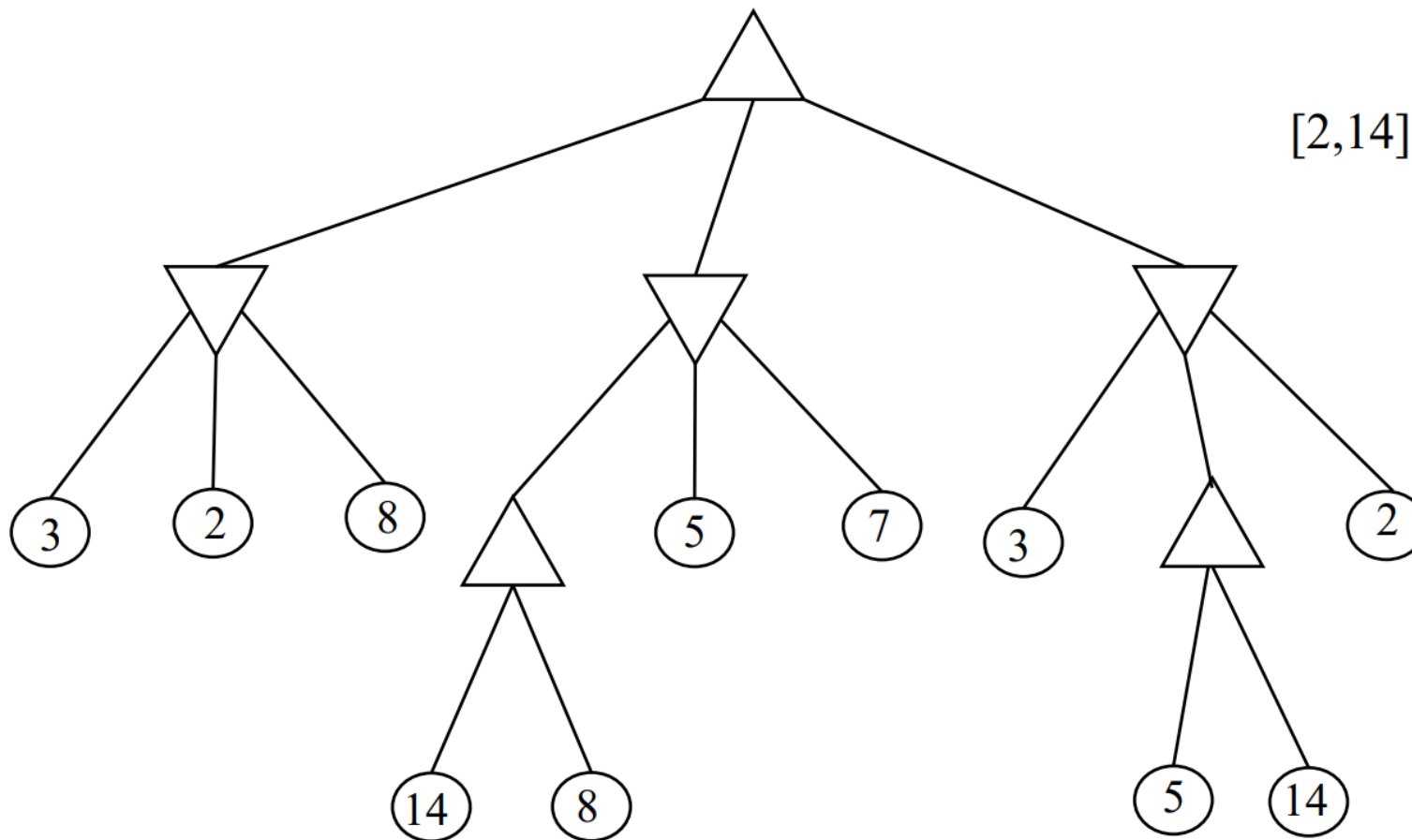


بازی‌های حاوی عنصر شانس



تاثیر دانستن بازه‌های سودمندی در هرس

• برای مثال بازه $[2,14]$



Thank You!

- Any Questions?
 - You can contact me via Telegram: @elhamrazi