



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

هوش مصنوعی

نیم‌سال دوم ۹۸-۹۹

استاد: محمدحسین رهبان

CSPs and Adversarial Search

مهلت ارسال: ۱۹ فروردین

تمرین سوم

لطفاً به موارد زیر توجه داشته باشید:

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- همکاری و هم‌فکری شما در انجام تمرین مانعی ندارد اما پاسخ‌های هر کس حتماً باید توسط خود او نوشته شده باشد.
- امکان ارسال با تاخیر وجود ندارد بنابراین بهتر است انجام تمرین را به روزهای پایانی موکول نکنید.
- لطفاً تصویری واضح از پاسخ‌های سوالات نظری بارگذاری کنید. در غیر این صورت پاسخ شما تصحیح نخواهد شد.

سوالات نظری (۷۰ نمره)

۱. (۱۰ نمره) دوگانه‌سازی CSP دلخواه.

- (۶ نمره) نشان دهید هر CSP قابل تبدیل به یک Binary CSP می‌باشد. (به این معنا که همه محدودیت‌ها دقیقاً دوگانه است.)
راهنمایی: روشی برای حذف محدودیت‌های یگانه ارائه دهید. همچنین به صورت دقیق نحوه تبدیل یک محدودیت سه‌گانه به دوگانه را شرح داده سپس روش خود را برای محدودیت‌های بالاتر تعمیم دهید.
- (۴ نمره) مسئله زیر را در قالب Binary CSP بازنویسی کرده سپس آن را حل کنید.

$$A \in \{1, 2, 5\}$$

$$B \in \{1, 4, 5, 6, 7\}$$

$$C \in \{10, 11, 12\}$$

$$D \in \{10, 11\}$$

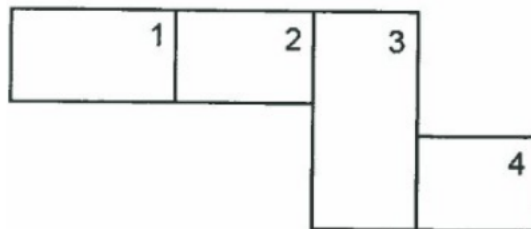
$$A + B = C$$

$$A < B$$

$$C \neq D$$

$$D = 11$$

۲. (۱۰ نمره) در ادامه طرح آبادسازی شریف، ساخت یک باغ‌وحش در دستور کار قرار گرفته است. این باغ‌وحش میزبان ۷ گونه جانوری می‌باشد. به دلیل مدیریت نامناسب بودجه، تنها ۴ محوطه مجزا در این باغ‌وحش وجود خواهد داشت. با توجه به خصوصیات جانوران، آن‌ها را به نحوی در این ۴ محوطه تقسیم کنید تا همدیگر را نخورند. حیوانات این باغ وحش که تداعی‌گر کارتون زیبا Lion King هستند عبارتند از: شیر، شیر پلید، دم‌عصایی، گراز، کفتار، نوک‌شاخ و بز کوهی.



- شیر و شیر پلید از همدیگر خوششان نمی‌آید و نمی‌خواهند در یک بخش باشند.
- دم‌عصایی و گراز دوست‌های صمیمی هستند و باید در یک بخش باشند.
- کفتار بوی تعفن می‌دهد و فقط شیر پلید حاضر است با آن در یک بخش باشد.
- شیر پلید می‌خواهد دم‌عصایی، گراز و نوک‌شاخ را بخورد.
- شیر و شیر پلید تمایل بسیار زیادی برای شکار بز کوهی دارند بنابراین بز کوهی نباید در خانه یکسان یا خانه مجاور آن‌ها باشد.
- شیر همواره سربه‌سر نوک‌شاخ می‌گذارد به همین دلیل نوک‌شاخ دوست ندارد با شیر در یک بخش باشد.
- شیر خود را سلطان باغ‌وحش می‌داند و می‌خواهد در بخش ۱ مستقر شود.

- (۴ نمره) مسئله را به یک مسئله CSP تبدیل کنید. متغیرها و دامنه هر کدام را نوشته و گراف محدودیت‌ها را رسم کنید.

- (۶ نمره) به روش backtracking مسئله را حل کنید. با استفاده از forward checking در هر مرحله مقدارهای حذف شده از دامنه متغیرها را مشخص کنید. همچنین برای انتخاب ترتیب مناسب از هیوریستیک‌های ذکر شده در کلاس استفاده کنید. (اگر باز هم امکان انتخاب چندین متغیر یا مقدار وجود داشت، به ترتیب حروف الفبا عمل کنید.) در نهایت درخت سرچ خود را رسم کنید.

۳. (۱۰ نمره) با توجه به وضعیت خطرناک کشور و تعطیلی کلاس‌ها، دانشکده کامپیوتر به برگزاری کلاس آنلاین اقدام کرده است و به دلیل تلاش‌های مثال‌زدنی مسئولین، مشارکت صد در صدی اساتید حاصل شده است. زمانبندی کلاس‌ها نیز مشخص شده اما هنوز معلوم نیست که هر درس را کدام استاد ارائه می‌دهد. این کار به عهده شماست. کلاس‌ها عبارتند از:

Class 1 - Intro to Programming: meets from 8:00-9:00am

Class 2 - Intro to Artificial Intelligence: meets from 8:30-9:30am

Class 3 - Natural Language Processing: meets from 9:00-10:00am

Class 4 - Computer Vision: meets from 9:00-10:00am

Class 5 - Machine Learning: meets from 9:30-10:30am

اساتید در دسترس عبارتند از:

Professor A, who is available to teach Classes 3 and 4.

Professor B, who is available to teach Classes 2, 3, 4, and 5.

Professor C, who is available to teach Classes 1, 2, 3, 4, 5.

- (۵ نمره) مسئله را به صورت یک مسئله CSP بیان کنید. متغیرها و دامنه هر کدام را مشخص کنید. محدودیت‌ها را نوشته و گراف مربوط به محدودیت‌ها را رسم کنید.

- (۵ نمره) دامنه متغیرها را پس از اعمال arc_consistency روی حالت اولیه مسئله به دست آورید. در نهایت یک جواب برای این مسئله ارائه دهید. (جواب نهایی کفایت می‌کند.)

۴. (۱۰ نمره) به سوال‌های زیر در رابطه با consistency جواب دهید.

- (۴ نمره) الگوریتم AC-۳ را اجمالا توضیح داده و روشی برای بهبود آن ارائه دهید به شکلی که اگر n متغیر با دامنه d داشته باشیم، الگوریتم در $O(n^2 d^2)$ انجام شود.

- (۳ نمره) آیا $k_consistency$ نتیجه می‌دهد $k-1_consistency$ ؟ اثبات کنید یا مثال نقض یزنید.

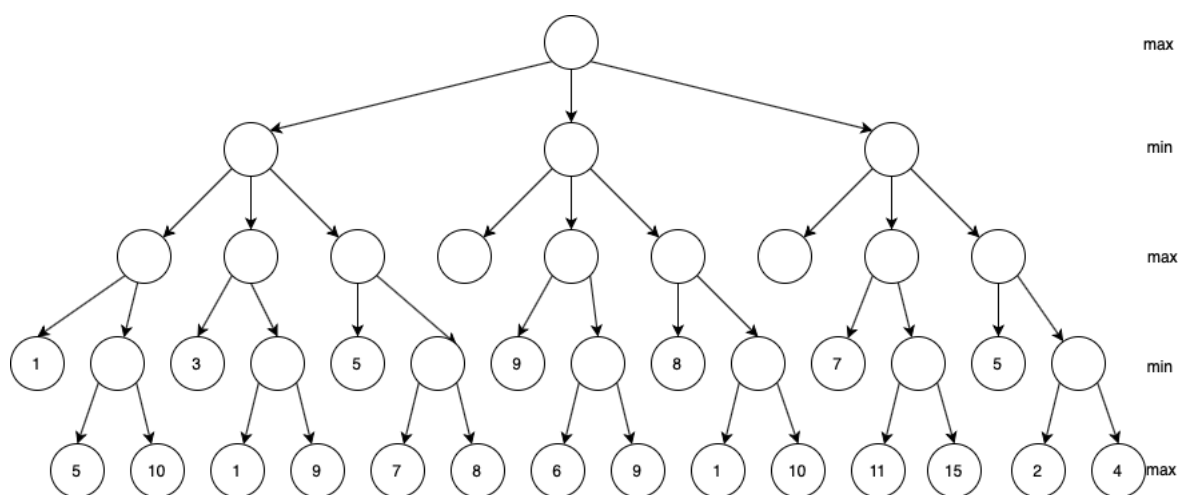
- (۳ نمره) اگر در $ی$ مسئله CSP با n متغیر، Strong $n_consistency$ داشته باشیم، آیا حتما این مسئله جواب دارد؟ اثبات کنید یا مثال نقض بزنید.

۵. (۱۰ نمره) درخت minimax زیر را در نظر بگیرید.

- (۳ نمره) مقدار ریشه را بدست آورید.

- (۴ نمره) زیر شاخه‌هایی را که با استفاده از alpha-beta pruning حذف می‌شوند حذف کنید.

- (۳ نمره) حالت‌های ترمینال را طوری مرتب کنید که در صورت استفاده از alpha-beta pruning بیشترین حذف ممکن صورت گیرد.



۶. (۱۰ نمره) خانواده‌ای از بازی‌های Tic-tac-toe را در نظر بگیرید که در آن‌ها تعداد سطرها و ستون‌ها $n > 3$ می‌باشد و W مجموعه‌ای از حالت‌های برد یک بازیکن می‌باشد. (به طور مثال برای Tic-tac-toe سه در سه ۸ حالت برد وجود دارد). بازی با یک صفحه‌ی خالی شروع می‌شود.

- (۳ نمره) حد بالا تعداد node موجود در درخت minimax را بدست آورید.
- (۳ نمره) حد پایین تعداد node موجود در درخت minimax را بدست آورید طوری که $W = \{\}$ باشد.
- (۴ نمره) یک evaluation function معرفی کنید که بتوانیم برای این بازی استفاده کنیم.

۷. (۱۰ نمره) یک بازی دونفره را در نظر بگیرید. بازیکن اول سعی می‌کند max را انتخاب کند و بازیکن دوم رندم بازی می‌کند (بازی با بازیکن اول شروع می‌شود).

- (۵ نمره) حالتی از درخت را رسم کنید که اگر بازیکن اول با الگوریتم expectimax عمل کند بهتر از minimax می‌باشد یا بگویید چرا ممکن نیست. همچنین بگویید در چه شرایطی از حرکت بازیکن دوم بهتر است از الگوریتم expectimax استفاده کند.
- (۵ نمره) حالتی از درخت را رسم کنید که اگر بازیکن اول با الگوریتم minimax عمل کند بهتر از expectimax می‌باشد یا بگویید چرا ممکن نیست. همچنین بگویید در چه شرایطی از حرکت بازیکن دوم بهتر است از الگوریتم minimax استفاده کند.

سوالات عملی (۴۰ نمره)

۱. (۲۰ نمره) شریف در یکسال گذشته میزبان تعداد زیادی از مسابقات بسکتبال سه علیه سه بوده است. از آن جایی که شریف خودش میزبان است، دوست دارد بازیکن های دانشگاه تا جای ممکن در مسابقات شرکت کنند. به همین دلیل نصف تیم های شرکت کننده در مسابقات را تیم های شریفی تشکیل میدهند و در مرحله اول مسابقات، هیچ دو تیم شریفی در مقابل هم قرار نمیگیرند. هر تیم یک درجه قدرت دارد. از آنجا که شریف به دنبال مسابقات جذاب است، دوست دارد تیم های مقابل هم تقریباً هم قدرت باشند. برای همین حریف هر تیم شریفی به گونه ای انتخاب میشود که درجه قدرت آن ها بیش از ۲ واحد اختلاف نداشته باشد. با استفاده از backtracking یک چینش مناسب پیدا کنید به گونه ای که به هر تیم شریفی حریفی مناسب تعلق گیرد. در کد خود از الگوریتم arc_consistency استفاده کنید. همچنین کد شما باید به ازای یک ورودی یکسان، در دفعات متعدد خروجی های مختلفی دهد. (به عبارتی باید بتواند همه جواب های ممکن را خروجی دهد.)
ابتدا n (تعداد تیم های شریفی) وارد میشود. در $2n$ خط بعدی، شماره تیم به همراه درجه قدرت آن می آید که n تیم اول شریفی هستند. در خروجی به ازای وارد شدن شماره هر تیم شریفی، باید شماره حریف آن چاپ شود تا زمانی که end بیاید. اگر برنامه ریزی ممکن نبود، عبارت NO چاپ شده و برنامه تمام شود.

ورودی نمونه ۱:

```
3
1 100
2 200
3 50
4 201
5 98
6 50
```

خروجی نمونه ۱:

```
2
4
1
5
3
6
3
6
1
5
2
4
end
```

ورودی نمونه ۲:

3
1 100
2 200
3 50
4 250
5 100
6 50

خروجی نمونه ۲:

NO

۲. (۲۰ نمره) بازی زیر را در نظر بگیرید. یک صفحه به صورت زیر داریم که در آن ۱۴ بسته وجود دارد که توسط دو نفر بازی می‌شود. همانطور که می‌بینید نصف بسته‌ها قرمز و نصف آن‌ها آبی می‌باشند. بسته‌های آبی برای یک بازیکن و بسته‌های قرمز برای بازیکن دیگر می‌باشد. شش بسته‌ی ابتدایی هر بازیکن از ۱ تا ۶ نام‌گذاری شده‌اند که آن‌ها را بسته‌های مسیر می‌نامیم. همچنین ۲ بسته انتهایی هر بازیکن با اعداد ۱ و ۲ نام‌گذاری شدند. این ۲ بسته را بسته‌ی مقصد هر بازیکن می‌نامیم. بازی اینگونه شروع می‌شود که در ابتدا در بسته‌های مسیر هر بازیکن ۶ مهره قرار می‌گیرد. سپس به ترتیب هر بازیکن همه‌ی مهره‌های موجود در یکی از بسته‌های خود را بر می‌دارد و آن را به صورت ساعتگرد در بسته‌های کناری خود در هر بسته ۱ مهره قرار می‌دهد. هدف بازی این است که هر بازیکن بیشترین تعداد مهره‌ها را در بسته مقصد خود جمع کند. بازی وقتی تمام می‌شود که تمام بسته‌های یک بازیکن تماماً خالی شود. در این صورت مهره‌های بازیکنی که هنوز مهره دارد به بسته‌ی مقصد این بازیکن منتقل می‌شود. بازی دارای ۳ قانون می‌باشد:

- ۱- هر مرحله اگر مهره‌ی انتهایی در بسته مقصد خود قرار گیرد یک بار دیگر حق حرکت پیدا می‌کند.
- ۲- هر مرحله اگر مهره‌ی انتهایی در بسته مقصد بازیکن مقابل قرار گیرد آن حرکت غیر ممکن می‌شود.
- ۳- بعد انجام یک حرکت اگر بسته‌ای خالی شود مهره‌های بسته‌ی مقابل بازیکن دیگر به بسته‌ی مقصد بازیکنی که این حرکت را انجام داد می‌رود.

این بازی دارای ۳ نوع بازیکن می‌باشد. کدهای بازی در اختیار شما قرار گرفته است. از شما خواسته می‌شود که تابع `get move()` کلاس `AIClient` را در پکیج `ai` پیاده سازی کنید. توجه داشته باشید هدف این بازی پیاده کردن `alpha-beta pruning` می‌باشد و بدون آن نمره‌ای به شما تعلق نمی‌گیرد.

