



تمرین سری دوم: جست‌وجوی آگاهانه و مسائل CSP

لطفاً به نکات زیر توجه کنید:

- مهلت ارسال این تمرین برای هر دو گروه ۲۸ مهرماه است.
- در صورتی که به اطلاعات بیشتری نیاز دارید می‌توانید به صفحه‌ی تمرین در وب‌سایت درس مراجعه کنید.
- ما همواره هم‌فکری و هم‌کاری را برای حل تمرین‌ها به دانشجویان توصیه می‌کنیم. اما هر فرد باید تمامی سوالات را به تنهایی تمام کند و پاسخ ارسالی حتماً باید توسط خود دانش‌جو نوشته‌شده باشد. لطفاً اگر با کسی هم‌فکری کردید نام او را ذکر کنید.
- لطفاً برای ارسال پاسخ‌های خود از راهنمای موجود در صفحه‌ی تمرین استفاده کنید.
- هر سؤالی درباره‌ی این تمرین را می‌توانید در گروه درس مطرح کنید و یا از دستیاران حل تمرین پرسید.

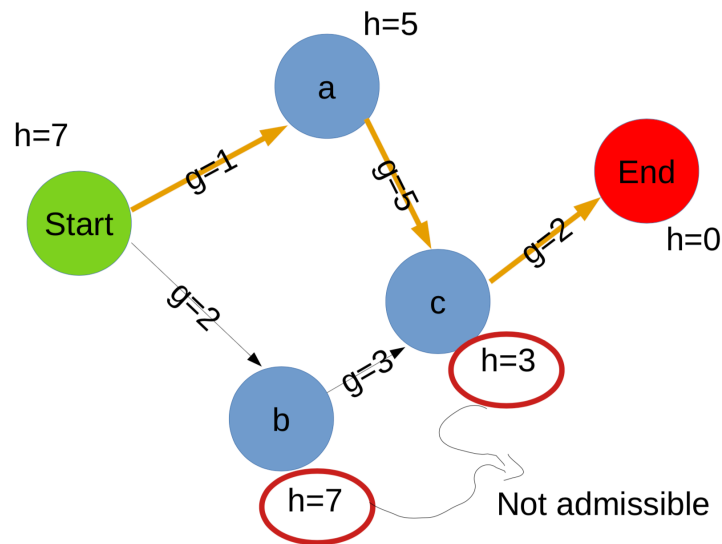
- آدرس صفحه‌ی تمرین: https://iust-courses.github.io/ai97/assignments/02_informed_search_csp

- آدرس گروه درس: <https://groups.google.com/forum/#!forum/ai97>

سؤالها

۱. الگوریتم A^* در گراف جهت دار - قابل قبول بودن (۱۰ نمره)

یک مثال از یک گراف جهت دار و یک تابع heuristic (نه لزوماً قابل قبول^۱) بزنید که در آن الگوریتم A^* مسیر بهینه را پیدا نکند. هزینه‌ی تمامی یال‌ها باید مثبت باشد و گراف حداکثر ۶ گره داشته باشد. گره‌های شروع و پایان را علامت بزنید و برای گره‌های باقیمانده مقدار تابع heuristic را برای آن بنویسید.



الف) هزینه‌ی مسیر بهینه را محاسبه کنید.

هزینه مسیر بهینه: ۷ و $Start \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow End$

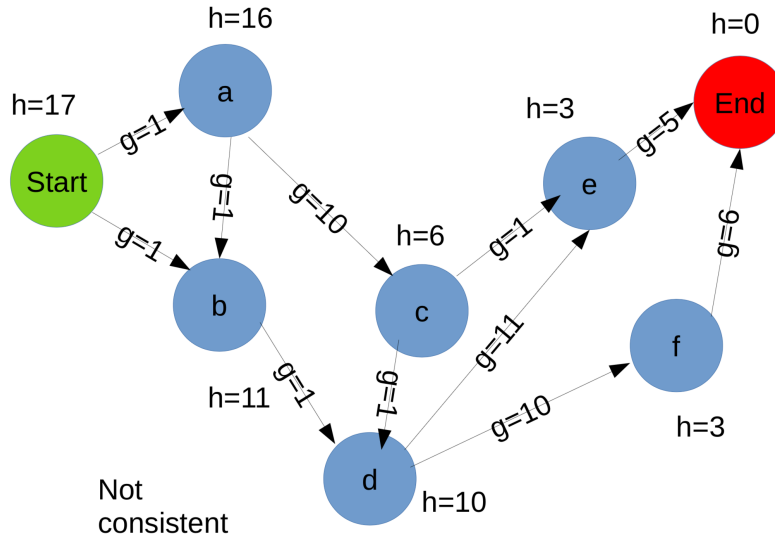
ب) مسیر به دست آمده توسط A^* را به دست آورید.

هزینه مسیر خروجی A^* : ۸ و $Start \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow End$

¹ Admissible

۲. الگوریتم A^* در گراف جهت‌دار - سازگار بودن (۱۰ نمره)

یک مثال از یک گراف جهت‌دار بدون دور و یک تابع heuristic قابل قبول (نه لزوماً سازگار^۲) بزیند که در آن الگوریتم A^* مسیر بهینه را پیدا نکند. هزینه‌ی تمامی یال‌ها باید مثبت باشد و گراف حداکثر ۸ گره داشته باشد. گره‌های شروع و پایان را علامت بزیند و برای گره‌های باقیمانده مقدار تابع heuristic را برای آن بنویسید.



الف) هزینه‌ی مسیر بهینه را محاسبه کنید.

هزینه مسیر بهینه: ۱۷ و $Start \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow e \rightarrow End$

ب) مسیر به دست آمده توسط A^* را به دست آورید.

هزینه مسیر خروجی A^* : ۱۸ و $Start \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow End$

۳. قورباغهی گرسنه - یک (۳۰ نمره)

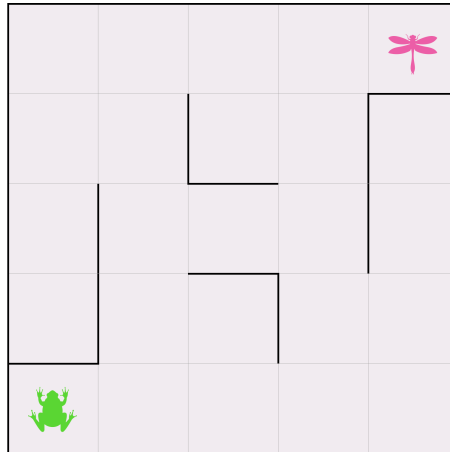
در این سوال یک قورباغهی گرسنه داریم که همیشه در یکی از این جهت‌ها قرار دارد $d \in \{N, S, E, W\}$.

در هر اکشن، قورباغهی گرسنه می‌تواند با یک جهش به تعدادی خانه جلوتر بپرد و یا ۹۰ درجه بچرخد (به چپ یا راست). چرخش فقط زمانی قابل انجام است که میزان پرش صفر باشد (بعد از چرخش نیز میزان پرش صفر می‌ماند). اکشن‌های حرکت «دور» یا «نزدیک» هستند، که «دور» میزان پرش را ۱ عدد زیاد می‌کند و «نزدیک» میزان پرش را ۱

² Consistent

عدد کم می‌کند. در هر دو حالت قورباغه بلافاصله برابر با میزان پرش جدیدش رو به جلو می‌پرد. هر اکشن که حاصلش برخورد قورباغه با دیوار باشد یا میزان پرش را منفی کند یا از حداکثر پرش (J_{max}) بیشتر کند ممنوع است.

برای مثال: در حالت زیر قورباغه میتواند ابتدا با اکشن «راست» ۹۰ درجه به راست بچرخد سپس با اکشن «دور» ۱ خانه به راست می‌جهد سپس با اکشن «دور» این بار ۲ خانه به راست می‌جهد و سپس با اکشن «نزدیک» یک خانه دیگر به راست برود و این بار با اکشن «نزدیک» بایستد در این حالت قورباغه در گوشه‌ی پایین و راست قرار دارد و حال می‌تواند چرخش کند و به حرکتش در مسیر دیگری ادامه دهد.



الف) اگر زمین M در N باشد، اندازه‌ی فضای حالت چقدر است؟ فرض کنید تمامی حالت‌ها از نقطه‌ی شروع قابل دسترس هستند.

اندازه فضای حالت $(J_{max} + 1) 4MN$ است. حالات تابعی از جهت قورباغه، x, y و میزان پرش هستند. توجه داشته باشید که میزان پرش می‌تواند مقادیر ۰ تا J_{max} را داشته باشد.

ب) حداکثر مقدار branching factor برای این مساله چقدر است؟ فرض کنید اکشن‌های غیر مجاز داده نمی‌شوند.

مقدار بیشینه‌ی Branching factor برابر با ۳ است، و این اتفاق زمانی رخ می‌دهد که عامل ثابت باشد. زیرا در حالی که ثابت است، می‌تواند سه اکشن «دور، چپ، راست» را انجام دهد.

پ) آیا فاصله‌ی منتهن از مکان قورباغه تا مکان حشره قابل قبول است؟

نه، فاصله منتهن یک شیوه‌ی اکتشافی قابل پذیرش نیست. این عامل می‌تواند با پرش متوسط بیش از ۱ (ابتدا تا J_{max} برود و سپس پرش خود را به ۰ برساند تا به هدف برسد) حرکت کند، و بنابراین می‌تواند در زمانی کم‌تر از تعداد مربع‌های بین خود و هدف به مقصد برسد. یک مثال خاص: فاصله با هدف ۶ مربع است و پرش عامل ۴. با اتخاذ تنها ۴ پرش نزدیک، عامل با پرش صفر به هدف می‌رسد.

ت) یک heuristic قابل قبول غیر از فاصله منتهن تا حشره، پیشنهاد دهید.

پاسخ‌های زیادی به این سوال وجود دارد. به عنوان مثال:

I. تعداد چرخش‌های مورد نیاز برای عامل تا رسیدن به هدف.

II. فرض می‌کنیم هیچ دیواری نباشد و عامل می‌تواند میزان پرش و چرخش خود را در هر لحظه به دل‌خواه تغییر دهد. با این فرض، عامل با بیشترین پرش حرکت می‌کند و سپس ناگهان در هدف متوقف می‌شود. در نتیجه به اندازه‌ی $D_{manhattan} / J_{max}$ زمان می‌برد.

ث) اگر ما یک heuristic غیر قابل قبول برای الگوریتم A^* استفاده کنیم آیا کامل بودن جست‌وجو را تغییر می‌دهد؟

نه! اگر تابع اکتشافی کراندار باشد، جست‌جوی درختی A^* در نهایت تمام گره‌ها را بازدید می‌کند و اگر مسیری وجود داشته باشد، آن مسیر را برای رسیدن به حالت هدف پیدا می‌کند.

ج) اگر ما یک heuristic غیر قابل قبول برای الگوریتم A^* استفاده کنیم آیا بهینه بودن جست‌وجو را تغییر می‌دهد؟

بله! این کار می‌تواند باعث شود تا هدف بهینه بسیار دور به نظر برسد، و شما را به یک هدف نیمه بهینه ببرد.

چ) فوایدی که ممکن است یک heuristic غیر قابل قبول بر یک heuristic قابل قبول داشته باشد را بنویسید. پیچیدگی زمانی حل یک مسأله‌ی جست‌جوی درختی A^* تابعی از دو عامل است: تعداد گره‌های گسترش‌یافته، و زمان سپری‌شده در هر گره.

یک شیوه اکتشافی غیر قابل قبول ممکن است برای محاسبه، که منجر به یک راه‌حل سریع‌تر از زمان صرف‌شده برای هر گره می‌شود، سریع‌تر عمل کند. همچنین می‌تواند تخمینی نزدیک‌تر به تابع هزینه واقعی باشد، و در نتیجه گره‌های کم‌تری را گسترش می‌دهد.

ما تضمین بهینگی را با استفاده از یک هیوریستیک غیر قابل قبول از دست می‌دهیم. اما گاهی اوقات ممکن است با یافتن یک راه‌حل نیمه‌بهینه برای یک مسئله مشکلی نداشته باشیم.

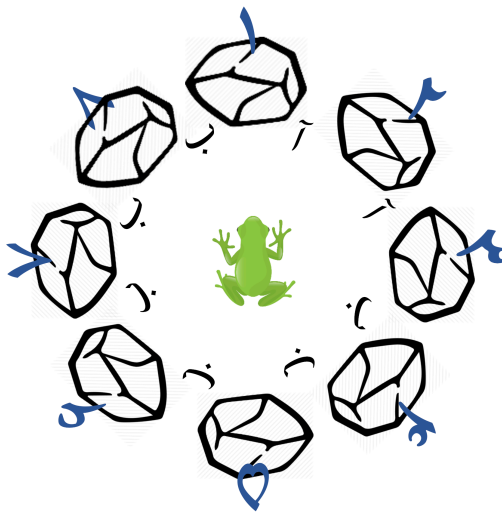
۴. قورباغهی گرسنه - دو (۲۰ نمره)

این بار قورباغهی سوال قبل در وضعیتی بسیار حیاتی دارد. چند روزیست غذا نخورده و ممکن است به زودی تلف شود. او در برکه‌ای قرار دارد که از هر طرف که نگاه می‌کند سنگی جلوی او قرار دارد و مانع می‌شود که آن طرف سنگ را ببیند. گرسنگی به قدری بر او چیره شده است که فقط به اندازه‌ی یک پرش به آن طرف سنگ انرژی دارد بنابراین باید قبل پرش مطمئن شود پشت سنگ غذا وجود دارد یا خیر.

پشت هر سنگ می‌تواند یک پروانه، یک مار و یا یک برگ خالی باشد. تنها نشانه‌ای که وجود دارد صدایی است که از آن طرف سنگ‌ها به گوش می‌رسد. مار صدای بسیار بلندی تولید می‌کند (ب) ولی پروانه صدای آرامی تولید می‌کند (آ) و طبیعتاً اگر پشت آن برگ وجود داشته باشد صدایی نمی‌آید. متأسفانه قورباغهی ما آنقدر کم‌جان شده است که نمی‌تواند دقیق صداهای بشنود ولی می‌تواند بین دو سنگ قرار بگیرد و حداکثر صدایی که به گوش می‌رسد را تشخیص دهد. به طور مثال اگر بین یک مار و یک پروانه قرار بگیرد فقط صدای مار (ب) را می‌شنود ولی اگر بین یک پروانه و یک برگ قرار بگیرد تنها صدای پروانه (آ) را می‌شنود.

قورباغهی ما هم چنین می‌داند امکان ندارد پشت دو سنگ مجاور پروانه وجود داشته باشد. هم چنین تعداد کل پروانه‌ها می‌تواند صفر، یک و یا بیشتر باشد.

در این مسالهی CSP، هر متغیر X_i نشان‌دهنده‌ی موجودیست که پشت هر سنگ قرار دارد بنابراین هر متغیر می‌تواند سه مقدار مار، پروانه و یا برگ را بگیرد.



الف) تمامی محدودیت‌ها و شروط این مساله‌ی CSP را ذکر کنید.

متغیرها: جسم پشت سنگ متغیر هست و تعداد آن به اندازه تعداد سنگ‌هاست.

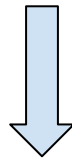
دامنه: برگ، پروانه، ما

محدودیت‌ها:

- مقدار دو متغیر مجاور پروانه نیست.
- اگر بین ۲ سنگ صدای بلند بشنود پس حداقل پشت یکی از سنگ‌ها مار است.
- اگر بین ۲ سنگ صدای آرام بشنود پس پشت یکی از ۲ سنگ پروانه است.
- اگر بین ۲ سنگ صدایی نشنود پس پشت هر ۲ سنگ برگ است.
- اگر بین ۲ سنگ صدای آرام شنیده شود پس پشت هیچکدام از آنها مار نیست.

ب) اگر AC^3 را اعمال کنیم، چه مقادیری از دامنه‌ی هر کدام از متغیرها حذف می‌شود؟

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| سنگ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ |
| دامنه | م،پ،ب | م،پ،ب | م،پ،ب | م،پ،ب | م،پ،ب | م،پ،ب | م،پ،ب | م،پ،ب |



| | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|---|-------|-----|-------|---|
| سنگ | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ |
| دامنه | پ،ب | پ،ب | پ،ب | م | م،پ،ب | پ،ب | م،پ،ب | م |

پ) با در نظر داشتن MRV^4 کدام متغیر(ها) را می‌توان اول مقدار داد؟

بدلیل اینکه تنها یک انتخاب برای سنگ‌های ۴ و ۸ باقی مانده است با در نظر گرفتن MRV ، میتوان مقدار آنها را مشخص کرد.

ت) با فرض اینکه قورباغه می‌داند پشت سنگ شماره‌ی ۷ غذاست، پشت تمامی سنگ‌ها را مشخص کنید (دقت کنید ممکن است جوابی وجود نداشته باشد یا بیشتر از یک جواب وجود داشته باشد)

³ Arc Consistency

⁴ Minimum Remaining Values

با در نظر گرفتن پروانه بودن پشت سنگ ۷ دامنه متغیرها به نحو زیر تغییر میکنند.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|-------|---|-----|-----|-----|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | م،پ،ب | م | پ،ب | پ،ب | پ،ب | دامنه |

جوابهای این مسئله به صورت زیر است

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | م | م | ب | پ | ب | دامنه |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | م | م | پ | ب | پ | دامنه |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | ب | م | ب | پ | ب | دامنه |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | ب | م | پ | ب | پ | دامنه |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | پ | م | ب | پ | ب | دامنه |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ۸ | ۷ | ۶ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | سنگ |
| م | پ | م | پ | م | پ | ب | پ | دامنه |

۵. کلاس بندی (۳۰ نمره)

برنامه روز شنبه کلاس های یک دانشکده، شامل ۷ گروه درسی است و این ۷ گروه باید در یکی از سه کلاس دانشکده R1 و R2 و R3 تشکیل شوند. بدیهیست هیچ دو گروه درسی، همزمان در یک کلاس تشکیل نخواهند شد.

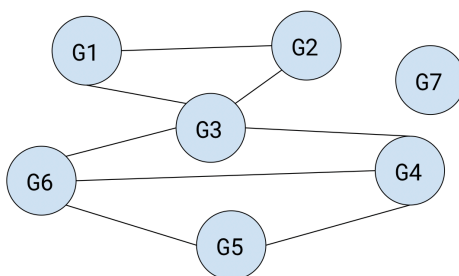
| ساعت کلاس | درس | گروه درسی |
|--------------|----------------------|-----------|
| ۸-۱۰ | یادگیری عمیق | G1 |
| ۸-۱۰ | هوش مصنوعی | G2 |
| ۸-۱۰ و ۱۶-۱۸ | بینایی ماشین | G3 |
| ۱۵-۱۷ | شبکه های عصبی | G4 |
| ۱۳-۱۶ | سیگنال ها و سیستم ها | G5 |
| ۱۵-۱۷ | جبر خطی | G6 |
| ۱۰-۱۳ | آمار و احتمال | G7 |

ضمناً محدودیت های زیر را در تشکیل کلاس ها داریم:

- کلاس R3 به دلیل کوچک بودن، برای گروه های G1 و G4 و G7 مناسب نیست.
- به دلیل فقدان پروژکتور، کلاس R1 مناسب گروه های درسی G4 و G7 نمی باشد.
- هر دو جلسه گروه G3 باید در یک کلاس واحد تشکیل شود.

حال با توجه به شرایط گفته شده به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) گراف محدودیت^۵ را رسم نمایید.



⁵ Constraint graph

ب) مسئله را با Forward Checking حل کنید. نتایج را مانند جدول زیر وارد کنید. (کلاس‌ها و گروه‌های درسی، هر دو به ترتیب شماره خود استفاده می‌شوند)

Variable Ordering: {G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7}

Value Ordering: {R1, R2, R3}

| G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|----------|--------------|--------------|----|--------------|--------------|----|
| {R1, R2} | {R1, R2, R3} | {R1, R2, R3} | R2 | {R1, R2, R3} | {R1, R2, R3} | R2 |
| R1 | {R2, R3} | {R2, R3} | R2 | {R1, R2, R3} | {R1, R2, R3} | R2 |
| R1 | R2 | R3 | R2 | {R1, R2, R3} | {R1, R2, R3} | R2 |
| R1 | R2 | R3 | R2 | {R1, R2, R3} | {R1, R2} | R2 |
| R1 | R2 | R3 | R2 | {R1, R3} | R2 | R2 |
| R1 | R2 | R3 | R2 | R1 | R2 | R2 |