



هوش مصنوعی

بهار ۱۴۰۴

استاد: احسان تن قطاری

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی کامپیوتر

امیرعلی شیخی، علی بختیاری، آرین نوری، بردیا ماندگار، علیرضا ملک حسینی، رادین شاه دایی

مهلت ارسال: ۱۷ اسفند

جست و جو و بهینه سازی

تمرین اول

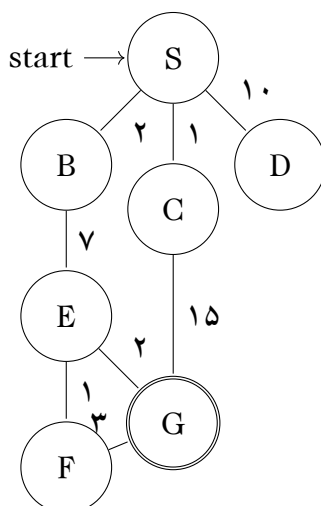
- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- در طول ترم امکان ارسال با تاخیر پاسخ همه‌ی تمارین سقف ۴ روز و در مجموع ۱۰ روز، وجود دارد. پس از گذشت این مدت، پاسخ‌های ارسال شده پذیرفته نخواهند بود. همچنین، به ازای هر ساعت تأخیر غیر مجاز نیم درصد از نمره‌ی تمرین کم خواهد شد.
- هم‌کاری و هم‌فکری شما در انجام تمرین مانعی ندارد اما پاسخ‌های ارسالی هر کس حتماً باید توسط خود او نوشته شده باشد.
- در صورت هم‌فکری و یا استفاده از هر منابع خارج درسی، نام هم‌فکران و آدرس منابع مورد استفاده برای حل سوال مورد نظر را ذکر کنید.
- لطفاً تصویری واضح از پاسخ سوالات نظری بارگذاری کنید. در غیر این صورت پاسخ شما تصحیح نخواهد شد.

سوالات نظری (۱۰۰ نمره)

۱. (۹ نمره) درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را با ذکر دلیل مشخص کنید.
 - (آ) یکی از عوامل لازم برای شروع کار یک agent در یک محیط داشتن آگاهی کامل به محیط است.
 - (ب) goal-based agentها احتیاجی به sensor ندارند.
 - (ج) reflex agentها وقایعی که در اثر کنش‌های آن‌ها در آینده به وجود خواهد آمد را در نظر نمی‌گیرند.
 - (د) در الگوریتم simulated annealing برای انتخاب حرکت بعدی، بهترین حرکت ممکن را انتخاب می‌کنیم و سپس دوباره انجام دادن یا ندادن آن به صورت تصادفی تصمیم‌گیری می‌کنیم.
۲. (۱۶ نمره)

بخش اول

گراف جستجوی نشان داده شده در زیر را در نظر بگیرید. S حالت شروع و G حالت هدف است. همه‌ی یال‌ها دوطرفه هستند.



G	F	E	D	C	B	S	node
۰	۱	۱	۷	۱۰	۷	۹	h

برای هر یک از استراتژی‌های جستجوی زیر، مسیری را که بازگردانده می‌شود بنویسید، یا اگر مسیری وجود ندارد، هیچ بنویسید. در صورت وجود تساوی، از ترتیب حروف الفبا برای شکستن تساوی استفاده کنید (یعنی، گره‌هایی که نامشان زودتر در الفبا می‌آید ابتدا گسترش داده می‌شوند).

جست و جوی گراف DFS

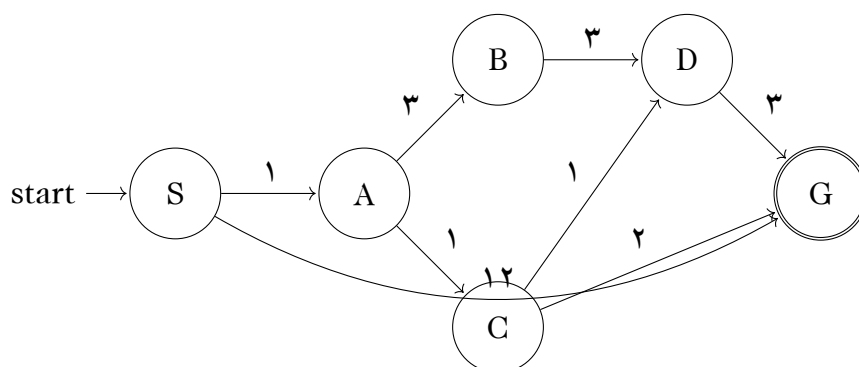
جستجوی گراف BFS

جستجوی گراف UCS

جستجوی A^*

بخش دوم

مسئله جست و جوی زیر را در نظر بگیرید:



به سوالات زیر درباره این مسئله‌ی جستجو پاسخ دهید. در صورت تساوی، ترتیب حروف الفبا رعایت شود.

جست و جوی گراف DFS

جستجوی گراف BFS

جستجوی گراف UCS

جستجوی A^* با تابع هیوریستیک consistent

۳. (۱۸ نمره) یک ربات در خانه‌ی S در صفحه شطرنجی زیر قرار دارد. این ربات در هر حرکت می‌تواند به یکی از چهار جهت اصلی حرکت کند. شما باید به او کمک کنید تا در سریع‌ترین زمان به خانه‌ی E برسد. در این صفحه تعدادی خانه غیرقابل عبور وجود دارد که با X مشخص شده‌اند. سایر خانه‌ها از جنس جاده (R)، سبزه (G)، یا آب (W) هستند که زمان عبور از آنها به ترتیب ۱، ۲، و ۳ واحد است. همچنین فرض کنید زمان عبور از خانه‌ی شروع صفر است.

S	R	G	R	X
R	W	R	X	R
R	R	W	G	R
X	R	X	X	G
R	R	R	R	E

(آ) مسئله را به صورت یک گراف مدل کنید.

(ب) یک جستجوی گرافی با الگوریتم جستجوی هزینه یکنواخت روی این گراف انجام دهید و مسیر خروجی و تعداد گره‌های باز شده را مشخص کنید. همچنین مشخص کنید در هر مرحله کدام گره باز می‌شود و مقدار هر گره چگونه بروزرسانی می‌شود. در طی جستجو فرض کنید در صورت برابر بودن مقدار چند راس، اولویت حرکت به صورت «راست، پایین، چپ، بالا» است.

(ج) یک تابع اکتشافی به نام h_1 برای این مسئله ارائه دهید که قابل قبول و یکنوا باشد. همچنین این ویژگی‌ها را برای h_1 بررسی و اثبات کنید.

(د) یک جستجوی گرافی با الگوریتم A^* و تابع اکتشافی h_1 انجام دهید و مسیر خروجی و تعداد گره‌های باز شده را مشخص کنید. همچنین مشخص کنید در هر مرحله کدام گره باز می‌شود و مقدار هر گره چگونه بروزرسانی می‌شود. در طی جستجو فرض کنید در صورت برابر بودن مقدار چند راس، اولویت حرکت به صورت «راست، پایین، چپ، بالا» است.

(ه) تعداد گره‌های باز شده توسط این دو الگوریتم را مقایسه کنید. کدام الگوریتم عملکرد بهتری دارد؟ درباره‌ی علت آن توضیح دهید.

(و) اکنون فرض کنید ربات می‌تواند حرکت‌های قطری نیز انجام دهد (یعنی علاوه بر چهار جهت اصلی، به صورت مورب نیز حرکت کند). آیا همچنان تابع اکتشافی h_1 قابل قبول و یکنوا باقی می‌ماند؟ اگر بله، آن را نشان دهید و در غیر این صورت، یک تابع اکتشافی جدید به نام h_2 ارائه دهید که قابل قبول و یکنوا باشد.

۴. (۱۸ نمره)

فرض کنید یک عامل شبیه خودرو قصد دارد از یک هزارتو مانند تصویر پایین خارج شود. این عامل دارای جهت‌گیری است و در هر لحظه به یکی از چهار جهت شمال، (N) جنوب، (S) شرق، (E) یا غرب (W) نگاه می‌کند. عامل می‌تواند با یک عمل، یا به جلو حرکت کند (با سرعت قابل تنظیم) یا دور بزند. عمل‌های چرخش شامل چرخش به چپ و چرخش به راست هستند که جهت عامل را ۹۰ درجه تغییر می‌دهند. چرخش فقط زمانی مجاز است که سرعت عامل صفر باشد (و بعد از چرخش همچنان صفر باقی می‌ماند).

عمل‌های حرکتی شامل افزایش سرعت، (fast) حفظ سرعت (maintain) و کاهش سرعت (slow) هستند:

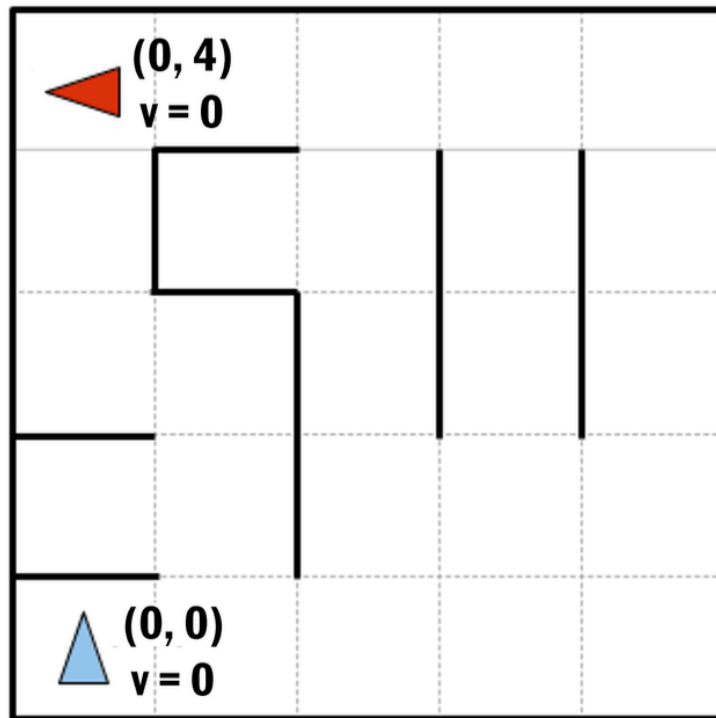
- **Fast** سرعت را ۱ واحد افزایش می‌دهد و سپس عامل به تعداد خانه‌های برابر با سرعت جدید خود حرکت می‌کند.

- **Slow** سرعت را ۱ واحد کاهش می‌دهد و سپس عامل به همان تعداد خانه حرکت می‌کند.

- **Maintain** سرعت فعلی را حفظ کرده و عامل را به همان تعداد خانه‌های حرکت قبلی جابجا می‌کند.

هر حرکتی که منجر به برخورد با دیوار شود غیرمجاز است. هیچ حرکتی نباید سرعت را کمتر از صفر یا بیشتر از یک مقدار حداکثر (V_{max}) کند.

هدف: عامل باید برنامه‌ای پیدا کند که آن را در کمترین تعداد گام زمانی ممکن، در حالت سکون روی خانه‌ی خروج قرار دهد.



شکل ۱: نمایی از هزارتو برای سوال چهارم

(الف) فرض کنید عامل می‌خواهد مسیر سمت چپ (leftmost path) را از نقطه‌ی شروع $(0, 0)$ رو به شمال تا خانه‌ی هدف $(0, 4)$ رو به غرب طی کند. دنباله‌ی اعمال لازم برای رسیدن به این هدف را بنویسید.

(ب) اگر شبکه‌ی $M \times N$ باشد، اندازه‌ی فضای حالات چقدر است؟ فرض کنید که همه‌ی حالات ممکن از حالت شروع قابل دسترسی هستند.

(پ) بیشترین مقدار عامل انشعاب (branching factor) در این مسئله چقدر است؟ یک حالت مثال بزنید که در آن عامل انشعاب بیشینه رخ دهد و لیست اعمال ممکن را مشخص کنید.

(ت) آیا فاصله منتهن بین مکان عامل و مکان خروج، یک هیوریستیک مجاز (admissible) است؟ اگر نیست، یک حالت مثال بزنید که در آن این هیوریستیک مقدار بیشتری نسبت به هزینه واقعی بدهد و موارد زیر را مشخص کنید:

- مقدار هیوریستیک در آن حالت
- هزینه واقعی رسیدن از آن حالت به هدف

(ث) آیا این هیوریستیک مجاز است؟ (تعداد چرخش‌های مورد نیاز برای قرارگیری رو به هدف) اگر نیست، یک حالت مثال بزنید که در آن این هیوریستیک مقدار بیشتری نسبت به هزینه واقعی بدهد و موارد زیر را مشخص کنید:

- مقدار هیوریستیک در آن حالت
- هزینه واقعی رسیدن از آن حالت به هدف

(ج) آیا این هیوریستیک مجاز است؟ (فاصله منتهن تقسیم بر V_{\max}) اگر نیست، یک حالت مثال بزنید که در آن این هیوریستیک مقدار بیشتری نسبت به هزینه واقعی بدهد و موارد زیر را مشخص کنید:

- مقدار هیوریستیک در آن حالت

• هزینه واقعی رسیدن از آن حالت به هدف

۵. (۲۱ نمره) درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را با ذکر دلیل مشخص کنید.

- (آ) الگوریتمهای جستجوی محلی به دلیل نگهداری پیکربندیهای کامل (complete configuration) حافظه بیشتری مصرف می‌کنند.
- (ب) در الگوریتمهای جستجوی محلی، برخلاف الگوریتمهای جستجوی سیستماتیک، هر وضعیت یک جواب احتمالی برای مسئله را نشان می‌دهد.
- (ج) در یک فضای جستجوی متناهی، الگوریتم Random Walk در صورت دادن زمان کافی، قطعاً به جواب مسئله (در صورت وجود) می‌رسد.
- (د) نمی‌توان تحت هیچ شرایطی تضمین کرد که الگوریتم Simulated Annealing از بهینه محلی فرار می‌کند.
- (ه) الگوریتم Simulated Annealing با $T = \infty$ معادل Random Walk است.
- (و) الگوریتم Local Beam Search معادل k بار اجرای همزمان الگوریتم Hill-Climbing Search با نقاط شروع متفاوت است.
- (ز) پیچیدگی زمانی هر مرحله از الگوریتم Local Beam Search با ضریب انشعاب b از $O(bk)$ است.

۶. (۱۸ نمره) الگوریتم ژنتیک را در نظر بگیرید که در آن از کروموزوم‌هایی با طول ۸ استفاده می‌کنیم. هر ژن می‌تواند مقدار ۰ یا ۱ را بگیرد. تابع fitness را برای کروموزوم‌ها به این صورت تعریف می‌کنیم.

$$X = \overline{x_7 x_6 x_5 x_4 x_3 x_2 x_1 x_0}$$

$$f(X) = \sum_{i=0}^7 (x_i \times (X \ll i))_7$$

معنی تابع بالا این است که هربار رشته کروموزوم اولیه را i بار به سمت چپ شیفت می‌دهد و در بیت i ام ضرب می‌کند، سپس معادل دهدهی هر حالت را محاسبه می‌کند و با یکدیگر جمع می‌کند. در نظر داشته باشید که هنگام شیفت دادن کروموزوم، به اندازه کافی حافظه برای ذخیره اعداد جدید داریم و بیت‌ها بیرون ریخته نمی‌شوند. جمعیت اولیه‌ی کروموزوم‌های ما به صورت زیر هستند:

$$X_0 = 11001101$$

$$X_1 = 01101001$$

$$X_2 = 10110110$$

$$X_3 = 01010111$$

(آ) ابتدا تابع fitness را برای جمعیت موجود حساب کنید.

(ب) حالا طبق مشاهداتی که از خروجی تابع و معادله آن داشتید بگویید در واقع این تابع چه کاری را انجام می‌دهد؟ به ازای چه ورودی‌ای این تابع بیشینه می‌شود؟

(ج) بعد از حساب کردن تابع fitness برای هر کروموزوم، می‌خواهیم selection را انجام دهیم. ابتدا توضیح دهید این کار چه کمک به ما در رسیده به مقدار بهینه می‌کند و سپس احتمال انتخاب هر کروموزوم را حساب کنید و به کمک اعداد زیر از چپ به راست به ترتیب selection را انجام دهید.

$$0.748, 0.362, 0.915, 0.531$$

(د) عمل بعدی در الگوریتم ژنتیک crossover است. به طور خلاصه این الگوریتم چگونه به ما در رسیدن به جواب مطلوب کمک می‌کند؟ حالا کروموزوم‌های حاصل از مرحله قبل را در نظر بگیرید. می‌خواهیم به کمک تنها یک برش این کار را انجام دهیم. فرض کنید شما محل برش را تعیین می‌کنید تا دو به دو کروموزوم‌ها با هم ترکیب شوند. در صورتی که بخواهیم حریصانه عمل کنیم، برش را چگونه می‌زنیم؟ حال فرض کنید برش را طوری بزنیم که کروموزوم‌ها را نصف کند، با ترکیب کروموزوم‌های اولی با دومی و سومی با چهارمی کروموزوم‌های جدید را بسازید.

(ه) در گام پایانی برای رسیدن به جمعیت جدید می‌خواهیم بر روی چهار کروموزوم حاصل از بخش قبلی عمل mutation را انجام دهیم. به طور خلاصه این عمل چه کمکی به ما می‌کند؟ حالا برای انجام این کار در رشته i ام، بیت i ام از سمت راست را تغییر دهید. در نهایت کروموزوم‌های جدید را بنویسید. آیا می‌توان گفت به مقدار بهینه نزدیک‌تر شدیم؟

(و) با جمعیت اولیه موجود و بدون در نظر گرفتن عمل mutation آیا می‌توان به مقدار بهینه رسید؟ علت خود را توضیح دهید.