



## هوش مصنوعی

پاییز ۱۴۰۱

استاد: دکتر سلیمانی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی کامپیوتر

گردآورندگان: پویا معینی، آرمان زارعی

مهلت ارسال: ۱۵ مهر

جست و جو

تمرین اول

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- امکان ارسال با تاخیر پاسخ این تمرین تا سقف ۷ روز وجود دارد. پس از گذشت این مدت، پاسخ‌های ارسال شده پذیرفته نخواهند بود. همچنین، به ازای هر روز تأخیر غیر مجاز ۱۰ درصد از نمره تمرین به صورت ساعتی کسر خواهد شد.
- همکاری و هم‌فکری شما در انجام تمرین مانعی ندارد اما پاسخ 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+۱۰ نمره)

۱. (۱۵ نمره)  
(آ) ویژگی‌های محیط (Sequential-Fully Observable-Deterministic-Static-Continuous-Multi Agent) را برای هر کدام از موارد زیر تعیین کنید.
  - ماشین خودران
  - سیستم آموزش آنلاین موسیقی
  - سیستم هوشمند حل جدول سودوکو
  - ربات تشخیص موارد قابل بازیافتی از زباله
۲. (۲۰ نمره) درست یا نادرست بودن گزاره‌های زیر را با اثبات یا ارائه مثال نقص بررسی کنید.
  - اگر دو تابع heuristic سازگار باشند، ماکسیم آن‌ها نیز سازگار است
  - محیط‌های پویا (dynamic) همیشه non-deterministic هم هستند.
  - الگوریتم  $A^*$  همواره تعداد گره کمتری نسبت به UCS بسط می‌دهد.
  - برای اینکه الگوریتم BFS کامل باشد باید لازم است که درجه انشعاب متناهی باشد اما برای کامل بودن الگوریتم IDS این شرط لازم نیست.
  - در مسائلی که عمق راس (d) به ما داده شده است همواره بهتر است از الگوریتم depth-limited search به جای BFS استفاده کنیم

۳. (۱۵ نمره) دو فرد A و B را روی یک جدول  $n \times m$  را در نظر بگیرید. این دو نفر باید هر کدام خود را به خانه‌ای مشخص روی این جدول برسانند. یعنی یک خانه‌ی  $S_A$  برای فرد A و یک خانه‌ی  $S_B$  برای فرد B. تعداد  $k < n \times m$  از این خانه‌ها غیرقابل دسترسی هستند و هر فرد در هر مرحله می‌تواند یک حرکت افقی یا عمودی داشته باشد و یا در جای خود ثابت بمانند. همچنین می‌دانیم که دو نفر همزمان نمی‌توانند در یک خانه

باشند و پس از حرکت از هر خانه توسط هر کدام از این ۲ فرد دیگر آن خانه قابل استفاده توسط هیچکدامشان نیست.

الف) ابعاد فضای مساله را مشخص کنید.

ب) ضریب انشعاب برای این مساله چقدر است؟

پ) یک heuristic قابل قبول برای این مساله ارائه دهید و admissibility آن را بررسی کنید.

۴. (۱۵+۵ نمره) یک ماز در نظر بگیرید که در آن  $n$  نفر وجود دارند که گم شده‌اند و به دنبال یکدیگر هستند. این ماز را به صورت یک صفحه دو بعدی در نظر می‌گیریم. در هر واحد زمانی هر کس می‌تواند یک حرکت افقی یا عمودی کند و یا در جای خود ثابت قرار گیرد. هدف نهایی این است که همه با کمترین تعداد حرکت ممکن یکدیگر را پیدا کنند یا به عبارت دیگر روی یک خانه قرار بگیرند.

الف) فضای حالت مساله را مشخص کنید.

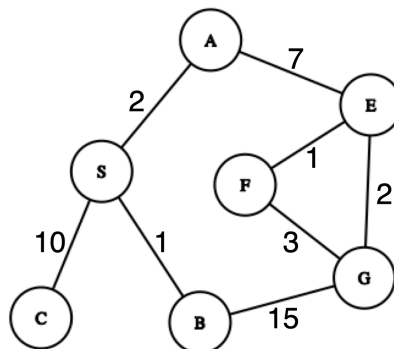
ب) اندازه فضای حالت را به دست آورید.

پ) branching factor مساله را محاسبه کنید.

ت) فرض کنید که تابع  $h((x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)) = \frac{1}{4} \max \{ \max_{i,j} |x_i - x_j|, \max_{i,j} |y_i - y_j| \}$  به عنوان هیورستیک داده شده که  $\{x_i, y_i\}$  مختصات فرد  $i$ م است. Consistent و Admissible بودن آن را بررسی کنید.

ث) کرانی برای تعداد گره‌هایی که در روش UCS بسط داده می‌شوند ارائه دهید. (امتیازی)

۵. (۲۰ نمره) فرض کنید شکل زیر یک فضای جست و جو بوده و وضعیت شروع حالت S و وضعیت پایان حالت G باشد. همچنین اعداد نوشته شده روی یال هم هزینه مسیر هستند.

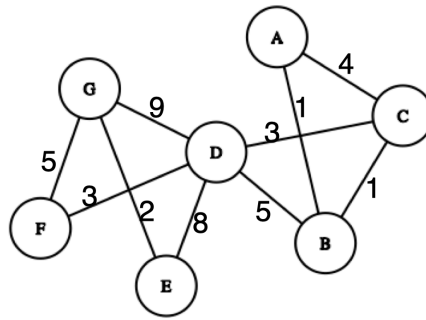


برای هر کدام از الگوریتم‌های عنوان شده در زیر مشخص کنید چه مسیری طی می‌شود. برای تابع heuristic نیز جدول زیر را در نظر بگیرید.

| State  | S | A | B  | C | E | F | G |
|--------|---|---|----|---|---|---|---|
| $h(s)$ | ۹ | ۷ | ۱۰ | ۷ | ۱ | ۱ | ۰ |

- جست و جوی Depth first
- جست و جوی Breadth first
- جست و جوی greedy
- جست و جوی  $A^*$
- جست و جوی UCS

۶. (۱۵ + ۵ نمره) فرض کنید شکل زیر یک فضای جست و جو بوده و وضعیت شروع حالت A و وضعیت پایان حالت G باشد. همچنین اعداد نوشته شده روی یال هم هزینه مسیر هستند.



همچنین توابع heuristic زیر را در نظر بگیرید.

| State    | A   | B  | C  | D | E   | F   | G |
|----------|-----|----|----|---|-----|-----|---|
| $h_1(s)$ | ۹/۵ | ۹  | ۸  | ۷ | ۱/۵ | ۴   | ۰ |
| $h_2(s)$ | ۱۰  | ۱۲ | ۱۰ | ۸ | ۱   | ۴/۵ | ۰ |
| $h_3(s)$ | ۱۰  | ?  | ۹  | ۷ | ۱/۵ | ۵   | ۰ |

(آ) سازگاری (consistency) توابع  $h_1$  و  $h_2$  را بررسی کنید.

(ب) خروجی الگوریتم  $A^*$  برای آن‌ها چگونه خواهد بود؟

(پ) خروجی الگوریتم حریصانه برای آن‌ها چگونه خواهد بود

(ت) برای تابع  $h_3$  بزرگترین بازه عددی برای راس B طوری تعیین کنید که تابع consistent باشد. (امتیازی)

۱. (۲۰ نمره) پرسش عملی

مربعی  $n \times n$  داریم که اعداد ۰ تا  $n - 1$  در آن نوشته شده اند. در هر مرحله می توانیم یک سطر یا یک ستون این مربع را انتخاب کنیم و آن را در یک جهت شیفت دهیم. به طور مثال فرض کنید مربع زیر را داریم

|   |   |   |
|---|---|---|
| 6 | 3 | 8 |
| 7 | 5 | 1 |
| 2 | 0 | 4 |

با انتخاب سطر دوم و شیفت به راست مربع زیر بدست خواهد آمد

|   |   |   |
|---|---|---|
| 6 | 3 | 8 |
| 1 | 7 | 5 |
| 2 | 0 | 4 |

و بعد از آن با انتخاب ستون سوم و شیفت به پایین مربع زیر بدست خواهد آمد

|   |   |   |
|---|---|---|
| 6 | 3 | 4 |
| 1 | 7 | 8 |
| 2 | 0 | 5 |

حال فرض کنید دو مربع  $X$  و  $X^*$  داده شده است و ما می خواهیم با شروع از مربع  $X$  و با انجام حرکات مجازی که در بالا گفته شد به مربع  $X^*$  برسیم. این مساله را در قالب یک مساله جستجو  $A^*$  حل کنید و با تعریف heuristic مناسب زمان جستجو را کاهش دهید.

**ورودی** در خط اول  $n$  که نشان دهنده سائز مربع است داده می شود. در  $n$  خط بعدی  $X^*$  و در  $n$  خط بعد از آن  $X$  داده می شود.

**خروجی** در خط اول  $L$  چاپ شود که نشان دهنده طول مسیری است که پیدا کردید. در  $L$  خط بعد از آن حرکات ها چاپ شوند. حرکات های مجاز به صورت up COLNUM, left ROWNUM, right ROWNUM و down COLNUM هستند که ROWNUM و COLNUM بین ۱ تا  $n$  هستند.

گزارش خلاصه ای تهیه کنید و در آن موارد زیر را بیان کنید:

- هیوریستیک استفاده شده برای حل سوال
- مقایسه زمان اجرا و تعداد نود های گسترش یافته در روش پیاده سازی شده توسط شما و روش BFS
- این مقایسه را بر روی مثال های زیر انجام دهید و کد آن را در کنار فایل گزارش آپلود کنید.

| مثال اول | مثال دوم | مثال سوم |
|----------|----------|----------|
| ۲        | ۳        | ۴        |
| ۳۰       | ۶۵۷      | ۱۲۳۱۴۲   |
| ۲۱       | ۱۳۲      | ۱۱۱۹۸    |
| ۱۲       | ۸۴۰      | ۰۴۵۱۵    |
| ۰۳       | ۵۱۴      | ۱۳۱۰۷۶   |
|          | ۳۰۲      | ۱۲۱۱۹۲   |
|          | ۷۸۶      | ۸۱۴۵     |
|          |          | ۷۱۵۰۱۰   |
|          |          | ۱۳۳۱۴۶   |