



# هوش مصنوعی

پاییز ۱۴۰۱

استاد: محمدحسین رهبان

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی کامپیوتر

گردآورندگان: ارشان دلیلی، آرمان بابایی، آریا جلالی، رضا عبداللهزاده

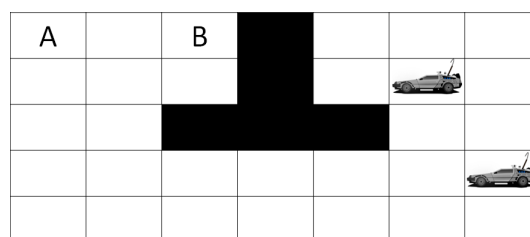
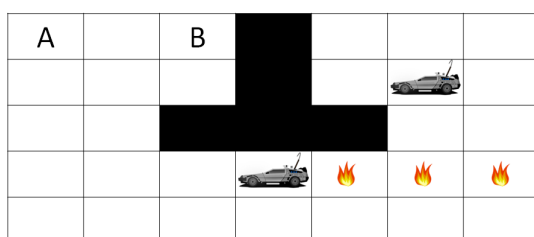
مقدمه و جست و جو، جست و جوی محلی، بهینه سازی پیوسته مهلت ارسال: ۱۸ آبان

تمرین اول

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- در طول ترم امکان ارسال با تاخیر پاسخ همه ی تمرین تا سقف ۱۰ روز و در مجموع ۲۰ روز، وجود دارد. پس از گذشت این مدت، پاسخ های 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 حتما 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.
- لطفا تصویری واضح از پاسخ سوالات نظری بارگذاری کنید. در غیر این صورت پاسخ شما تصحیح نخواهد شد.

## سوالات نظری (۱۴۳ نمره)

۱. (۱۸ نمره) درستی یا نادرستی گزاره های زیر را با ذکر دلیل یا مثال نقض نشان دهید.
  - (آ) محیطی<sup>۱</sup> وجود دارد که هر عاملی<sup>۲</sup> در آن رفتار عقلانی<sup>۳</sup> دارد.
  - (ب) امکان عقلانی بودن یک عامل در دو محیط متفاوت وجود دارد.
  - (ج) عاملی که تنها اطلاعات جزئی<sup>۴</sup> درباره ی استیت دریافت می کند، نمی تواند کاملاً عقلانی باشد.
۲. (۳۰ نمره) به دلیل تبحر شما در هوش مصنوعی، کنترل دو ماشین سفر در زمان به شما داده شده است. این دو ماشین که در یک سیاره ی مسطح با  $N \times M$  کاشی گیر کرده اند، برای فرار از آن نیاز دارند به نقاط مشخص شده ای که در شکل پایین مشخص شده است برسند. در هر حرکت، هر دو ماشین حرکت می کنند. هر ماشین می تواند جابجا نشود و یا به یکی از همسایه های آزاد خود برود. ماشین ها نمی توانند هر دو وارد یک خانه شوند. ماشین های ما برای سفر در زمان نیاز دارند به سرعت ۸۸ مایل بر ساعت برسند و به دلیل اصطکاک بالای این سیاره، یک دنباله ای از آتش از خود به جا می گذارند. ماشین ها نمی توانند وارد خانه ای شوند که ماشین دیگر یا خودشان قبلاً در آن جا حضور داشتند؛ زیرا باعث منفجر شدن ماشین می شود.



<sup>۱</sup>Environment

<sup>۲</sup>Agent

<sup>۳</sup>Rational

<sup>۴</sup>Partial Information

همانطور که از شکل بالا مشخص است، ماشین پایین با سه حرکت به سمت چپ مسیر ماشین بالا را کامل بسته است و راه خروجی برای او نگذاشته است.

شما باید در کمترین تعداد حرکت هر ماشین را به مسیر خروجی خود (که روی شکل مشخص شده‌اند و از قبل می‌دانیم هر خروجی مربوط به کدام ماشین است) برسانید.

**\*\* دقت کنید جواب‌های شما باید برای حالت کلی نیز برقرار باشد و تنها خاص شکل بالا نباشد.**

(آ) کران بالای مناسبی برای اندازه فضای مسئله برحسب  $N$  و  $M$  بدست بیاورید.

(ب) کران بالای مناسبی برای ضریب انشعاب<sup>۵</sup> بدست بیاورید.

(ج) یک تابع اکتشافی<sup>۶</sup> قابل قبول<sup>۷</sup> غیربیدیهی<sup>۸</sup> برای مسئله ارائه دهید.

۳. (۲۰ نمره) به سوالات زیر پاسخ کوتاه دهید. (با استدلال)

(آ) فرض کنید تابع  $f$  یک تابع محدب باشد که بر روی  $\mathbb{R}$  تعریف شده است. اگر تابع اکتشافی  $h(x)$  برای مسئله‌ای با تابع هزینه‌ی  $h^*(x)$  قابل قبول باشد، اثبات کنید تابع اکتشافی  $f'(h(x))$  برای مسئله‌ای با تابع هزینه‌ی  $f'(h^*(x))$  قابل قبول است.

(ب) در صورت داشتن تابع‌های اکتشافی قابل قبول  $h_1(n), h_2(n), \dots, h_m(n)$  که هیچکدام بقیه را غالب نکند، تابع اکتشافی جدیدی ارائه دهید که هم قابل قبول باشد و هم توابع اکتشافی  $h_1(n), h_2(n), \dots, h_m(n)$  را غالب کند.

۴. (۲۵ نمره) می‌خواهیم مسئله‌ی **SSP** را با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل کنیم. برای این کار مکانیزم crossover و جهش مربوط به الگوریتم ژنتیک را برای مسئله‌ی گفته شده ارائه دهید. ✓

۵. (۳۰ نمره) جمعیتی متشکل از پنج کروموزم را با مقادیر فیتنس (قبل از امتیازبندی) ✓

$$f_1 = 5, f_2 = 7, f_3 = 8, f_4 = 10, f_5 = 15$$

در نظر بگیرید. در هر یک از حالات مقابل احتمال انتخاب کروموزم ۴ در یک مرحله‌ی انتخاب را محاسبه کنید.

(آ) انتخاب چرخ رولت<sup>۹</sup>

(ب) انتخاب چرخ رولت پس از مرتب کردن امتیازها به صورت خطی (بالاترین امتیاز برابر با ۱۰ و کمترین امتیاز مقدار ۱ را در امتیازبندی جدید به خود می‌گیرند)

(ج) انتخاب تورنمنت<sup>۱۰</sup> با سایز تورنمنت برابر با ۲، و احتمال ۰/۷۵ برای انتخاب بهترین کروموزم در هر تورنمنت.

۶. (۲۰ نمره) فرض کنید تابع  $f$  یک تابع محدب<sup>۱۱</sup> مشتق‌پذیر با دامنه‌ی  $\mathbb{R}_+$  باشد.

<sup>۵</sup>Branching Factor

<sup>۶</sup>Heuristic Function

<sup>۷</sup>Admissible

<sup>۸</sup>Non-Trivial

<sup>۹</sup>Roulette Wheel Selection

<sup>۱۰</sup>Tournament Selection

<sup>۱۱</sup>Convex

(آ) اثبات کنید تابع

$$F(x) = \frac{1}{x} \int_1^x f(t) dt, \quad x \in \mathbb{R}_{++}$$

محدب است. ( $\mathbb{R}_{++}$  به معنای اعداد حقیقی مثبت و  $\mathbb{R}_+$  به معنای اعداد حقیقی نامنفی است.)

(ب) نامساوی زیر را اثبات کنید

$$\int_a^b f(t) dt \leq \frac{1}{p}(b-a)(f(a) + f(b)) \quad (a, b) \in \mathbb{R}_+^*$$

---

## سوالات عملی (۱۵۰ نمره)

---

۱. (۵۰ نمره)

گراف  $G$  با  $n$  راس  $(0..(n-1))$  و  $m$  یال را در اختیار داریم. روی هر راس  $G$  مثل  $v$  یک برچسب یکتا با مقدار  $0 \leq l_v < n$  وجود دارد. در هر مرحله، می‌توانیم برچسب با مقدار  $0$  را با یکی از برچسب‌های روی راس مجاورش جابجا کنیم. هدف این است که روی هر راس  $v$  برچسب با مقدار خودش قرار بگیرد. یعنی  $l_v = v$ . کمترین تعداد جابجایی ممکن را برای رسیدن به هدف پیدا کنید. همچنین تضمین می‌شود که حتما راهی برای رسیدن به هدف (حالتی که برچسب روی هر راس با شماره‌ی راس یکسان باشد) وجود دارد.

## ۱ ورودی

در خط اول ورودی دو مقدار  $n$  و  $m$  ورودی داده می‌شود. ( $2 < n < 20$ ،  $n < m \leq \frac{n(n-1)}{2}$ )  
در  $m$  خط بعدی، در هر خط دو عدد  $u_i$  و  $v_i$  ورودی داده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی وجود یال بین راس‌های  $u_i$  و  $v_i$  است. ( $0 \leq u_i \neq v_i < n$ )  
در خط بعدی ورودی، یک جایگشت از  $0$  تا  $n-1$  داده می‌شود که عضو  $i$ ام آن برچسب روی راس  $i$  یا  $l_i$  را نشان می‌دهد.

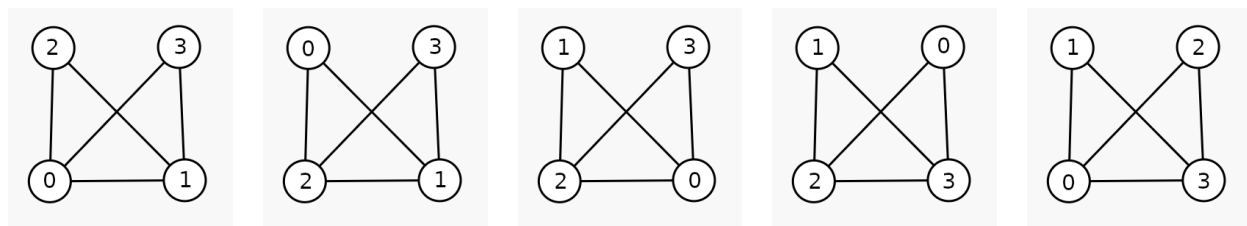
## ۲ خروجی

در تنها خط خروجی، حداقل تعداد جابجایی لازم برای رسیدن از  $G$  به حالت هدف را چاپ کنید.

## ۳ نمونه

Input	Output
4 5 1 3 2 0 2 1 1 0 3 0 0 3 1 2	4

چهار تغییر لازم در شکل زیر از راست به چپ نمایش داده شده‌اند. (در مرحله‌ی آخر هر برجسب در راس مربوط به خودش قرار گرفته است.)



شکل ۱: جابجایی‌های نمونه (از راست به چپ)

۲. (۵۰ نمره)

برای این سوال به نوتبوک‌های `Simulated Annealing.ipynb` و `Genetic Alorithm.ipynb` مراجعه کنید.

۳. (۵۰ نمره) برای حل این سوال به به فایل جویپتر نوت بوک مراجعه کنید.