



هوش مصنوعی

پاییز ۱۴۰۱

استاد: محمدحسین رهبان

آزمون میان‌ترم

- زمان در نظر گرفته شده برای آزمون ۱۵۰ دقیقه است.
- لطفاً پاسخ‌های خود را خوانا و خوش خط بنویسید.
- پاسخ هر سوال باید در یک برگه‌ی جداگانه نوشته شود. بالای هر برگه‌ی پاسخ‌نامه، نام و شماره دانشجویی خود را به صورت واضح بنویسید. دقت کنید که برگه‌های هر سوال برای تصحیح از سایر برگه‌ها جدا خواهند شد؛ در نتیجه مسئولیت عدم دریافت نمره در اثر نوشتن پاسخ یک سوال در کنار سوال دیگر و یا نبود مشخصات بر روی برگه بر عهده‌ی خودتان خواهد بود.

سوالات (۱۰۰ نمره)

۱. (۱۶ نمره) به سوالات زیر به طور مختصر پاسخ دهید:

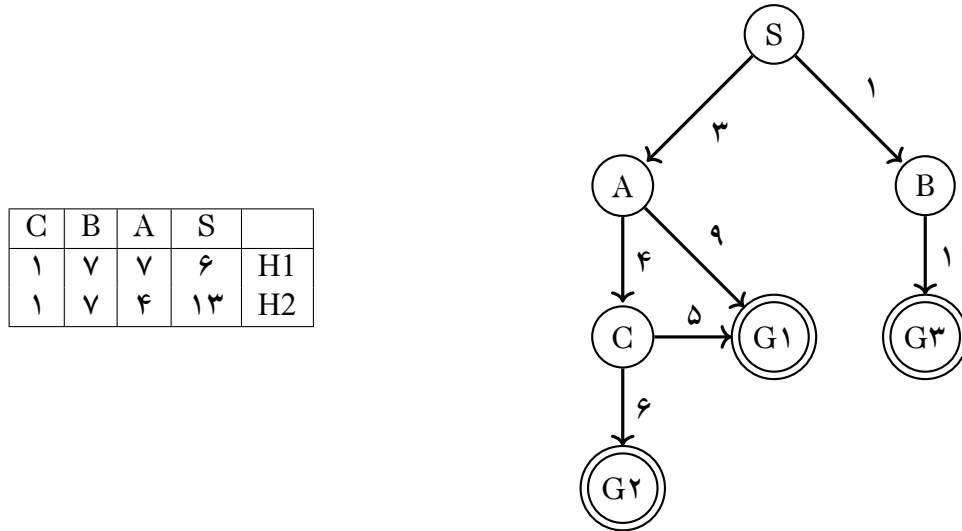
- (آ) درستی یا نادرستی عبارت روبه‌رو را با ذکر دلیل مشخص کنید: «می‌توان انتظار داشت نتیجه‌ی اجرای جستجوی Local Beam با پارامتر $k = 8$ تفاوت چندانی با نتیجه‌ی اجرای ۸ اجرای موازی الگوریتم Hill Climbing نداشته باشد.»
- (ب) اگر در الگوریتم Simulated Annealing به جای انتخاب یک فرزند بدتر به احتمال $e^{-\frac{\Delta E}{T}}$ که در آن ΔE تفاوت ارزش فرزند و حالت کنونی و T دما است، از یک تابع مستقل از ΔE مثل $e^{-\frac{1}{T}}$ استفاده کنیم، و دما را مثل قبل کاهش دهیم، عملکرد الگوریتم بهتر می‌شود یا بدتر؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.
- (ج) درستی یا نادرستی عبارات روبه‌رو را با ذکر دلیل مشخص کنید: «اگر در گراف محدودیت‌هایمان در مسئله CSP فقط یک دور وجود داشته باشد می‌توانیم مسئله را در زمان چندجمله‌ای حل کنیم.»
- (د) درستی یا نادرستی عبارت روبه‌رو را با ذکر دلیل مشخص کنید: «هرس آلفا بتا همیشه همان مقدار minimax را برای ریشه درخت به دست می‌آورد.»

۲. (۱۵ نمره) رومئو تلاش دارد تا $K > 0$ نامه از ژولیت را در یک باغ بزرگ پیدا کند. باغ را می‌توان به صورت یک مستطیل $M \times N$ در نظر گرفت. رومئو در یکی از خانه‌های این مستطیل قرار دارد و در هر گام می‌تواند به یکی از چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب حرکت کند. مکان این نامه‌ها ثابت است و رومئو در صورت قرار گرفتن در خانه‌ای که در آن نامه قرار دارد، آن نامه را دریافت می‌کند. متأسفانه به علت باد شدیدی که از سمت شمال می‌وزد، رومئو نهایتاً می‌تواند دو بار به سمت شمال حرکت کند.

- (آ) کران بالایی مناسبی برای اندازه فضای مسئله برحسب M و N و K بدست بیاورید. کران شما باید تا حد ممکن کوچک باشد.
- (ب) حال فرض کنید رومئو برای پیدا کردن نامه‌ها از T تا از دوستانش کمک گرفته است. همه‌ی دوستان رومئو مانند وی می‌توانند در هر گام به یکی از چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب حرکت کنند و به علت باد شدید نمی‌توانند بیشتر از دو حرکت به سمت شمال داشته باشند. در این حالت کوچک‌ترین کران بالایی مناسب برای اندازه فضای مسئله برحسب M و N و K و T چیست؟
- (ج) کوچک‌ترین کران بالایی ضریب انشعاب^۱ فضای مسئله در حالتی که رومئو از دوستانش کمک گرفته است را به دست آورید.

Branching Factor^۱

۳. (۱۵ نمره) گراف جست‌وجو و توابع اکتشافی^۲ زیر را در نظر بگیرید:



- فرض کنید الگوریتم A* با تابع اکتشافی H1 برای رسیدن به هدف استفاده کنیم. فرض کنید اگر در هنگام جست‌وجو چند راس شرایط یکسان داشته باشند، یکی از آنها به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. مشخص کنید کدامین حالت‌های هدف ممکن است توسط این الگوریتم پیدا شوند. توجه کنید مقدار تابع اکتشافی در رئوس هدف برابر صفر است.
- برای هر کدام از توابع اکتشافی H1 و H2 بررسی کنید که قابل قبول^۳ هستند یا خیر.

۴. (۱۴ نمره) تابع زیر را در نظر بگیرید:

$$f(x_1, x_2) = \frac{x_1^2}{x_2} \quad \text{on} \quad \mathbb{R} \times \mathbb{R}_{++} = \{(x_1, x_2) : x_1, x_2 \in \mathbb{R}, x_2 > 0\}$$

می‌خواهیم با استفاده از الگوریتم Gradient Descent کمینه‌ی این تابع را به دست آوریم. آیا با استفاده از این الگوریتم لزوماً به کمینه‌ی سراسری می‌رسیم؟ با ذکر استدلال پاسخ خود را توضیح دهید.

۵. (۱۵ نمره) در این سوال یک دور الگوریتم ژنتیک را بر روی ورودی‌های داده شده اعمال می‌کنیم. ورودی‌های ما رشته‌های ۶ بیتی از ۰ و ۱ هستند و تابع fitness به صورت زیر تعریف می‌شود.
(خروجی‌های توابع منطقی به صورت صفر و یک است.)

$$f(v_0 v_1 v_2 v_3 v_4 v_5) = \sum_{i=0}^5 v_i + AND(v_0, v_1) + OR(v_2, v_3) + XOR(v_4, v_5)$$

(آ) در این قسمت ابتدا fitness چهار نمونه زیر را به دست آورده و سپس احتمال انتخاب آنها برای دور بعد را به دست آورده و دو موردی که بیشترین احتمال را دارند، انتخاب کنید.

نمونه	fitness	احتمال انتخاب شدن
۰۰۱۰۱۱		
۱۰۱۱۱۰		
۱۱۱۰۱۱		
۱۱۰۰۱۱		

^۲Heuristic functions
^۳Admissibility

(ب) حال عمل crossover را بر روی دو نمونه منتخب بالا اجرا می‌کنیم. نقطه انجام crossover را بین بیت دوم و سوم فرض کنید و جدول زیر را کامل کنید.
(دقت کنید سطر اول نمونه با بیش‌ترین احتمال انتخاب و سطر بعد نمونه با دومین احتمال انتخاب بالا است و هم‌چنین قسمت راست بین سطرها جابه‌جا می‌شود.)

بعد از crossover	قبل از crossover

(ج) حال نوبت mutation است. فرض کنید احتمال mutation برابر 0.1 است و اعداد تصادفی زیر برای اندیس و احتمال mutation به دست آمده است. با توجه به این اعداد جدول زیر را کامل کنید. (دقت کنید که ترتیب سطرها مانند نتیجه قسمت (ب) است.)

نمونه اول:

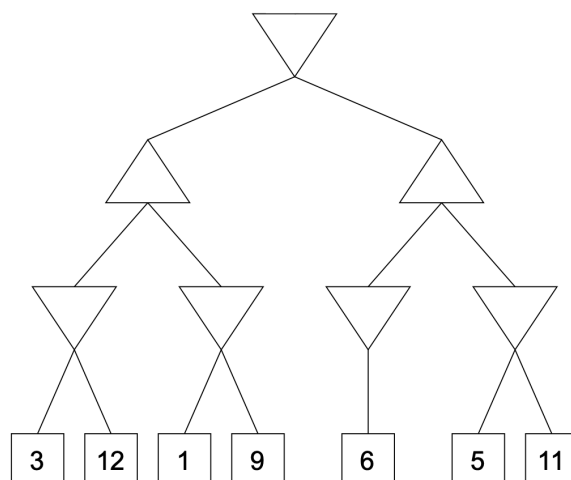
احتمال: 0.05 و اندیس: ۳

نمونه دوم:

احتمال: 0.15 و اندیس: ۴

بعد از mutation	قبل از mutation

۶. (۱۰ نمره) درخت minimax زیر را در نظر بگیرید.



(آ) مقدار minimax ریشه را به دست آورید.

(ب) هرس آلفا بتا را اجرا کنید. فرض کنید که گره‌ها از چپ به راست بررسی می‌شوند.

۷. (۱۵ نمره) دکتر آلام از شما برای درست کردن برنامه‌ی دروس ترم بعد کمک خواسته است. پنج کلاس و سه استاد داریم که هر کدام می‌توانند تعدادی از این دروس را ارائه دهند. زمان کلاس‌ها از قبل تعیین شده است و یک استاد نمی‌تواند در یک زمان دو کلاس را ارائه دهد. لیست کلاس‌ها عبارتند از:

- کلاس ۱ از ساعت ۸ تا ۹ صبح
- کلاس ۲ از ساعت ۸:۳۰ تا ۹:۳۰ صبح

- کلاس ۳ از ۹ تا ۱۰ صبح
- کلاس ۴ از ۹ تا ۱۰ صبح
- کلاس ۵ از ۹:۳۰ تا ۱۰:۳۰ صبح

همچنین شرایط اساتید برای ارائه دادن کلاس‌ها به صورت زیر است:

- استاد ۱ می‌تواند کلاس ۳ و ۴ را ارائه دهد.
- استاد ۲ می‌تواند کلاس ۲ و ۳ و ۴ و ۵ را ارائه دهد
- استاد ۳ می‌تواند همه‌ی کلاس‌ها را ارائه دهد.

الف) مسئله را به عنوان یک esp مدل کنید. فرض کنید کلاس‌ها متغیرهای شما هستند.

ب) گراف شرط‌ها را برای مسئله بکشید.

ج) آیا با مقداردهی به یکی از متغیرها می‌توان گراف شرط‌ها را به یک درخت تبدیل کرد؟

د) در صورتی که پاسخ شما به قسمت قبل مثبت بود بعد از تبدیل مسئله به درخت آن را با روش مخصوص حل CSP‌های درخت مانند حل کنید. در غیر این صورت با اعمال Arc Consistency مسئله را حل کنید.