



## هوش مصنوعی

بهار ۱۴۰۰  
استاد: محمدحسین رهبان

مباحث فصل اول تا چهارم      آزمون میانترم      مهلت ارسال: ۱۶ اردیبهشت، ساعت ۱۴

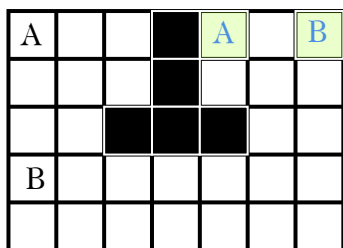
- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۱۴ پنجشنبه ۱۶ اردیبهشت ماه است. هیچ ارسالی پس از این زمان پذیرفته نخواهد شد.
- هر گونه هم‌فکری ممنوع بوده و پاسخ شما باید کاملاً حاصل تفکر و به نگارش خودتان باشد.
- امتحان به صورت کتاب و اینترنت باز است، با این حال جواب همه‌ی سوالات باید به بیان خودتان بوده و مشاهده‌ی مشابتهای غیر عادی به منظری تقلب در نظر گرفته خواهد شد. همچنین منابع استفاده شده برای پاسخ‌دهی به هر یک از سوال (در صورت وجود) باید مشخصاً ذکر شود.
- لطفاً تصویری واضح از پاسخ سوالات خود بارگذاری کنید، در غیر این صورت پاسخ شما تصحیح نخواهد شد.
- امتحان در مجموع شامل ۱۰ نمره امتیازی بوده و دریافت ۱۰۰ نمره از ۱۱۰ نمره آن برای دریافت نمره‌ی کامل کفایت می‌کند.

### مسائل (۱۰۰+۱۰ نمره)

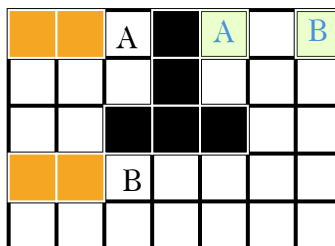
۱. (۳۲ نمره)

- درستی یا نادرستی هریک از موارد زیر را با ذکر دلیل مشخص کنید. (نمره‌ی همه‌ی بخش‌ها یکسان است)
- (آ) اندازه‌ی frontier در بدترین حالت جست‌وجوی IDS پس از مشاهده‌ی  $m$  حالت به صورت تجمیعی در iterationهای مختلف، از مرتبه‌ی  $O(b \log(m))$  خواهد بود. ( $b$ : branching factor)
- (ب) الگوریتم  $A^*$  همواره تعداد گره‌های کمتری را نسبت به الگوریتم UCS بررسی می‌کند.
- (ج) در صورتی که  $h_1$  و  $h_2$  دو admissible heuristic باشند،  $\alpha h_1 + (1 - \alpha)h_2$  نیز به ازای  $\alpha \in [0, 1]$  یک admissible heuristic خواهد بود.
- (د) با کاهش دما، عملکرد الگوریتم simulated annealing به عملکرد حالت خاصی از الگوریتم local beam-search میل می‌کند.
- (ه) موفقیت الگوریتم Gradient Descent در بهینه‌سازی توابع محدب مستقل از مقدار ضریب یادگیری (learning rate) است.
- (و) استفاده از الگوریتم alpha-beta pruning تاثیری بر مقادیر رؤوس داخلی درخت minimax ندارد.
- (ز) هر مسئله‌ی  $(k)$  consistent، لزوماً یک مسئله‌ی  $(k-1)$  consistent نیز می‌باشد.
- (ح) شبکه‌ی بیزی با ۴ متغیر  $A, B, C, D$  وجود ندارد که در حالت کلی (مستقل از جداول احتمال) تنها مجموعه‌ی استقلال‌های  $A \perp\!\!\!\perp D | C$  و  $B \perp\!\!\!\perp D | C$  در آن برقرار باشد.

۲. (۱۵ نمره) دو نفر در یک سیاهچال گیر افتاده‌اند و برای خروج از آن، باید خودشان را به نقاط مشخصی برسانند تا دروازه خروج از آن سیاهچال باز شود. نقطه‌ای که هر فرد باید به آن برسد، منحصر به همان فرد است. فضای این سیاهچال به صورت یک جدول  $N \times M$  بوده که بعضی از خانه‌های آن دیوار کشی شده و از ابتدا غیرقابل دسترس می‌باشند. به دلیل قدمت زیاد این سیاهچاله، کف آن بسیار ناپایدار است، به همین دلیل امکان حضور هم زمان دو فرد در یک خانه از آن وجود نداشته و پس از حرکت از هر خانه، آن خانه فرو می‌ریزد و دیگر عبور از آن ممکن نخواهد بود. در هر نوبت، هر دو فرد می‌توانند با هم حرکت کنند و یا یکی از آن‌ها در جای خود بماند. برای درک بهتر فضای مسئله می‌توانید شکل ۱ را بررسی کنید. برای حل حالت کلی این مسئله، به سوالات زیر پاسخ دهید:



۱



۲

شکل ۱: تصویر نمونه‌ای از فضای مسئله با  $N = 5$  و  $M = 7$  را مشاهده می‌کنید. نقاط سیاه دیوارهای اولیه سیاهچال، A و B نمایانگر دو فرد و نقاط سبز رنگ A و B اهداف آنها می‌باشند. اگر فرض کنیم در دو واحد زمانی، هر دو فرد به سمت راست حرکت کرده باشند، در این صورت نقاطی که نارنجی شده اند فرو ریخته و دیگر قابل عبور نیستند. بدین ترتیب عملاً A هیچ‌گاه نمی‌تواند به هدف خود برسد.

(آ) (۴ نمره) ابعاد فضای حالت مسئله در کل چه قدر است؟ مختصراً توضیح دهید.

(ب) (۴ نمره) ضریب انشعاب چند است؟ مختصراً توضیح دهید.

(ج) (۷ نمره) یک heuristic قابل قبول (admissible) غیربدیهی برای سوال ارائه کرده و چرایی admissibility آنرا مختصراً تشریح کنید.

۳. (۱۵ نمره) یکی از مسائل NP-complete مسئله  $k$ -صدق‌پذیری (k-Satisfiability) است. در این مسئله هدف یافتن تخصیص‌دهی به تعدادی متغیر بولین است به صورتی که در تابعی که از and تعدادی عبارت منطقی متشکل از  $k$  دقیقاً تا از این متغیرهای بولین تشکیل شده است، صدق کنند. برای مثال عبارت زیر یک عبارت ۳-صدق‌پذیر است.

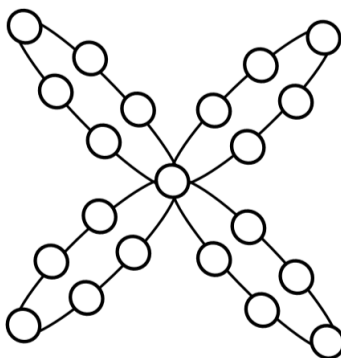
$$(\sim a \vee \vee b \vee c) \wedge (a \vee \sim b \vee \sim c) \wedge (a \vee b \vee c)$$

نحوه‌ی مدل‌سازی یک مسئله  $k$ -صدق‌پذیری برای استفاده از الگوریتم ژنتیک برای حل آن و چگونگی استفاده از این الگوریتم را توضیح دهید.

۴. (۱۶ نمره)

(آ) (۸ نمره) تفاوت حل مسائل ارضای محدودیت در گراف‌های دارای دور و بدون دور (درخت) را توضیح داده و آن‌ها را از جهت مرتبه‌ی زمانی لازم برای حل بررسی کنید.

(ب) (۸ نمره) برای گراف محدودیت زیر یک استراتژی بهینه‌ی حل ارائه داده و زمان لازم برای پاسخ‌دهی به آن را تشریح کنید.



۵. (۱۶ نمره) در مورد اعمال الگوریتم  $\alpha$ - $\beta$  pruning به سوالات زیر پاسخ دهید:

(آ) (۸ نمره) تصور کنید می‌خواهیم مقدار ریشه‌ی درخت‌های  $\max$  و  $\text{expectimax}$  را محاسبه کنیم. درخت  $\max$  تنها از رئوسی تشکیل شده که بیشینه‌ی فرزندان خود را در نظر می‌گیرند. درخت  $\text{expectimax}$  همان درخت  $\max$  بوده که در آن رئوسی مبتنی بر شانس نیز حضور دارند. در صورتی که تمامی احتمال‌ها در درخت  $\text{expectimax}$  ناصفر باشند، در کدام یک از شرایط زیر امکان هرس کردن هر یک از این درخت‌ها وجود دارد؟ توضیح دهید.

- نبود هیچ محدودیتی بر مقادیر برگ‌ها
- نامنفی بودن مقادیر برگ‌ها
- حضور مقادیر برگ‌ها در بازه‌ی  $[0, 1]$

(ب) (۸ نمره) ترتیب بررسی پیش‌آمدهای رئوس مبتنی بر شانس در درخت  $\text{expectimax}$  چگونه باشد تا احتمال هرس کردن افزایش یابد؟ توضیح دهید.

۶. (۱۶ نمره) با توجه به شبکه بیز و توزیع‌های داده شده زیر به سوالات پاسخ دهید.

(آ) (۳ نمره) فرض کنید به دنبال تخمین مقدار احتمال رخداد پیش‌آمدی هستیم که در آن  $A = +a$  است. اگر برای این کار از روش نمونه‌برداری  $\text{rejection sampling}$  استفاده کنیم، توضیح دهید چه درصدی از نمونه‌ها رد می‌شوند.

(ب) (۸ نمره) اگر  $D = +d$  و  $A = +a$  باشد، وزن نمونه‌های زیر را در الگوریتم نمونه‌برداری  $\text{likelihood weighting}$  محاسبه کرده، سپس به کمک این نمونه‌ها مقدار  $P(-b | +a, +d)$  را محاسبه کنید.

$$(+a, -b, +c, +d), (+a, -b, -c, +d), (+a, +b, -c, +d)$$

(ج) (۵ نمره) اگر بخواهیم با استفاده از الگوریتم‌های  $\text{Gibbs Sampling}$  و  $\text{Likelihood weighting}$  پرمسman‌های  $P(C | +a)$  و  $P(C | +d)$  را با در نظر گرفتن محدودیت تعداد نمونه‌های برداشته شده، نمونه‌برداری کنیم، برای دستیابی به حداکثر دقت برای هر پرمسman باید از کدام الگوریتم استفاده کنیم؟ توضیح دهید.

P(A)	
+a	0.1
-a	0.9

P(B)	
+b	0.7
-b	0.3

P(D   C)		
+d	+c	0.5
-d	+c	0.5
+d	-c	0.8
-d	-c	0.2

P(C   A, B)			
+c	+a	+b	0.25
-c	+a	+b	0.75
+c	-a	+b	0.6
-c	-a	+b	0.4
+c	+a	-b	0.5
-c	+a	-b	0.5
+c	-a	-b	0.2
-c	-a	-b	0.8

