به نام خداوند بخشنده مهربان

هوش مصنوعی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

محمدحسین رهبان
بهار ۱۴۰۳

۱۳ اردیبهشت ۱۴۰۳ | **آزمون میان‌ترم** | زمان آزمون: ۱۵۰ دقیقه

۱. لطفا پاسخ خود را با خط خوانا بنویسید.

۲. پاسخ هر سوال را در یک صفحه جدا و شماره پرسش را به صورت واضح در بالای هر صفحه بنویسید.

۳. برگه پرسش که در اختیار شما قرار گرفته است شامل هشت صفحه در چهار برگ است.

۴. استفاده از منابع و لوازم الکترونیکی حین پاسخگویی به سوالات آزمون غیرمجاز است.

پرسش‌های آزمون (۱۰۰ نمره)

پرسش ۱ (۱۰ نمره) به سوالات زیر پاسخ کوتاه مستدل دهید. اگر در هر مورد بخشی از آن درست و بخشی از آن نادرست بود، آنها را ذکر کنید.

(آ) (۲ نمره) درستی یا نادرستی عبارت رو به رو را مشخص کنید: در الگوریتم جستجوی درختی A* در صورت سازگار[۱] بودن تابع مکاشفه[۲] تضمین می‌شود که هیچ کدام از node ها بیش از یک بار expand نشوند.

(ب) (۱ نمره) درستی یا نادرستی عبارت رو به رو را مشخص کنید: حداقل یک مقدار برای $k > 0$ وجود دارد به طوری که $h(x) = k$ باشد و h یک تابع مکاشفه‌ای قابل قبول[۳] باشد.

(ج) (۲ نمره) در هر کدام از موارد زیر مشخص کنید دو الگوریتم جستجوی محلی داده شده معادل هم هستند یا خیر:

i. الگوریتم Simulated Annealing با $\text{Temperature} = 0$ و بدون شرط پایان و الگوریتم Greedy Hill-Climbing

ii. الگوریتم Simulated Annealing با $\text{Temperature} = +\infty$ و الگوریتم Random Walk

(د) (۲ نمره) درستی یا نادرستی عبارت رو به رو را مشخص کنید: در الگوریتم Beam Search و Stochastic Beam Search حداکثر فضای حافظه مورد نیاز از $O(min\{k^2, bk\})$ است که b ضریب انشعاب یا همان branching factor است.

(ه) (۱ نمره) درستی یا نادرستی عبارت رو به رو را مشخص کنید: الگوریتم های Arc-consistency مانند AC3 باعث می شوند که در مسائل CSP دیگر نیازی به backtrack کردن نداشته باشیم.

(و) (۲ نمره) درستی یا نادرستی عبارت رو به رو را مشخص کنید: در هنگام انجام inference در یک شبکه بیزی[۴] می‌توان همه متغیرهایی که از اجداد متغیرهای query و evidence نیستند را در نظر نگرفت.

---

[۱] Consistent
[۲] Heuristic
[۳] Admissible
[۴] Bayesian Network

پرسش ۲ (۱۵ نمره) در این سوال به دنبال یافتن یک رمز عبور با استفاده از الگوریتم های جستجو هستیم. تعدادی رمز عبور قابل قبول وجود دارد و همه رمز عبور های ممکن جایگشتی با تکرار از حروف $\{A, B, C, D\}$ با حداکثر طول ۱۰ هستند.

مدل سازی مساله:

- حالت اولیه: یک رشته خالی
- تابع حالت های بعدی هر رشته: اضافه کردن یک حرف از $\{A, B, C, D\}$ به رشته فعلی از سمت راست.
- رمز عبورهای قابل قبول: AAABBBCCD، AAAAABBB، AACCBB، CDBD، BACBA

(آ) (۵ نمره) در صورت برابری اولویت حالت ها برای expand شدن، آن حالتی که رشته اش به شکل الفبایی اول می آید اولویت دارد. توضیح دهید الگوریتم جست و جوی سطح اول [۵] و جست و جوی عمق اول [۶] کدام رمز عبور ها را بر می‌گردانند؟

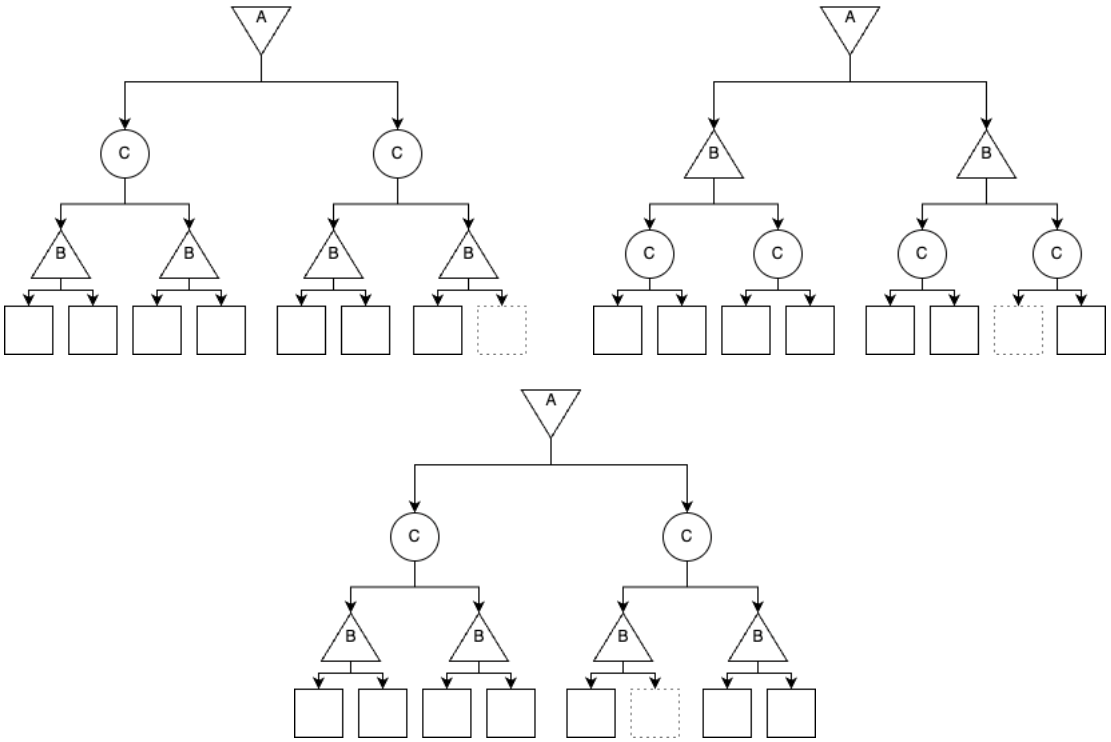
(ب) (۵ نمره) اگر هزینه اضافه کردن حروف متفاوت به شکل زیر باشد، الگوریتم Uniform Cost Search کدام رمز عبور را برمی‌گرداند؟

$$\text{Costs} = \{A : 1, B : 2, C : 3, D : 4\}$$

(ج) (۵ نمره) حال فرض کنید که طول رمز عبور ثابت باشد و تنها یک جواب درست وجود داشته و تابعی داشته باشیم که تعداد حروفی که در جای درست قرار گرفته‌اند را گزارش کند. می‌خواهیم این مساله را با الگوریتم ژنتیک حل کنیم. مساله را با الگوریتم ژنتیک مدلسازی کنید و بگویید هر مرحله از این الگوریتم به چه صورت باید انجام شود.

پرسش ۳ (۱۵ نمره) در این سوال قصد داریم تا فرآیند هرس کردن را برای درخت‌هایی که رأس شانسی دارند، بررسی کنیم. درخت‌های زیر را در نظر بگیرید که در آن‌ها A بازیکن کم‌کننده است، بازیکن B زیادکننده است و C بازیکنی است که به صورت شانسی بازی می‌کند و هرکدام از رأس‌های بچه‌اش را به احتمال برابر انتخاب می‌کند. فرض کنید در فرآیند هرس کردن، بچه‌های یک رأس در درخت را به ترتیب از چپ به راست مشاهده می‌کنیم.

برای هرکدام از درخت‌های بازی پایین مقداردهی‌ای (با مقادیر حقیقی و متناهی) به برگ‌ها انجام دهید به طوری که رأس مشخص‌شده هرس شود. همچنین اگر این کار امکان پذیر نبود، دلیل این موضوع را بنویسید. همچنین اگر مقداردهی‌ای انجام دهید که یکی از جدهای رأس مشخص‌شده هرس شود هم قابل قبول است. شما **در حالت برابری مجاز به هرس کردن نیستید**.

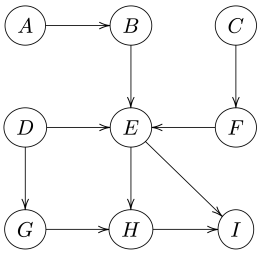


---

[۵] Breadth First Search
[۶] Depth First Search

پرسش ۴ (۲۵ نمره)

(آ) (۱۰ نمره) شبکه بیزی زیر را در نظر بگیرید:



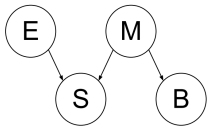
شکل ۱: شبکه بیزی

درستی کدام یک از عبارات زیر تضمین می‌شود؟ با ذکر دلیل مشخص کنید.

- $A \perp\!\!\!\perp C$
- $A \perp\!\!\!\perp D | E$
- $A \perp\!\!\!\perp I | E$
- $B \perp\!\!\!\perp C | I$
- $F \perp\!\!\!\perp A | H$
- $D \perp\!\!\!\perp I | E, G$
- $G \perp\!\!\!\perp B | D$
- $G \perp\!\!\!\perp A | D, I$
- $C \perp\!\!\!\perp H | G$
- $A \perp\!\!\!\perp B$

(ب) (۱۵ نمره) در یک گراف جهتدار G نوادگان یک راس مانند u راس‌هایی هستند که حداقل یک مسیر جهتدار از u به آنها وجود داشته باشد. حال ثابت کنید در یک شبکه بیزی دلخواه G هر راس مانند X از تمام راس‌هایی مانند Y که در بین نوادگان راس X نیستند به شرط والدهای X مستقل هستند. والدهای یک راس مانند u راس‌هایی هستند مانند v که از v به u یال جهتدار وجود داشته باشد.

پرسش ۵ (۱۵ نمره) شبکه بیز زیر را که ۴ متغیر E, S, M, B دارد را در نظر بگیرید. همچنین جداول احتمالات شرطی این شبکه را نیز در پایین می‌توانید



مشاهده کنید. با توجه به این جداول به سوالات مربوط به این شبکه پاسخ دهید. دقت کنید که پاسخ شما باید شامل گام‌های محاسباتی با شروع از احتمالی که قصد دارید محاسبه کنید باشد و محاسبه عدد نهایی الزامی نیست. برای مثال به جای نوشتن فقط ۰/۲ باید بنویسید

$$P(A, B) = P(A|B)P(B) = ۰/۱ \times ۲ = ۰/۲$$

$P(E)$	
$+e$	0.4
$-e$	0.6

$P(M)$	
$+m$	0.1
$-m$	0.9

$P(B \mid M)$		
$+m$	$+b$	1.0
$+m$	$-b$	0.0
$-m$	$+b$	0.1
$-m$	$-b$	0.9

$P(B \mid M)$			
$+e$	$+m$	$+s$	1.0
$+e$	$+m$	$-s$	0.0
$+e$	$-m$	$+s$	0.8
$+e$	$-m$	$-s$	0.2
$-e$	$+m$	$+s$	0.3
$-e$	$+m$	$-s$	0.7
$-e$	$-m$	$+s$	0.1
$-e$	$-m$	$-s$	0.9

(آ) (۳ نمره) $P(-e, -s, -m, -b)$ را محاسبه کنید.

(ب) (۳ نمره) $P(+b)$ را محاسبه کنید.

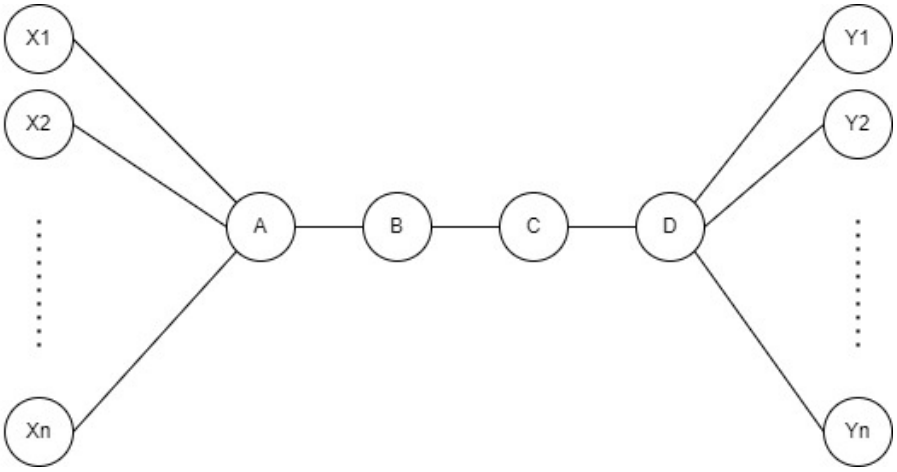
(ج) (۳ نمره) $P(+m \mid +b)$ را محاسبه کنید.

(د) (۳ نمره) $P(+m \mid +s, +e, +b)$ را محاسبه کنید.

(ه) (۳ نمره) $P(+e \mid +m)$ را محاسبه کنید.

پرسش ۶ (۲۰ نمره) می‌خواهیم با جهت‌دار کردن یال‌های گراف زیر، به یك شبکه‌ی بیزی برسیم. m شرط وجود دارند که می‌خواهیم در شبکه‌ی بیزی حاصل برقرار باشند. هر یک از این شرط‌ها به این صورت است که p و q باید به شرط مجموعه ی S از متغیرهای تصادفی نسبت به یک‌دیگر مستقل باشند.

$$S \subseteq \{A, B, C, D\}$$
$$p, q \in \{X_۱, X_۲, ...X_n, Y_۱, Y_۲, ...Y_n\}$$



الگوریتمی ارائه دهید که با پیچیدگی زمانی $O(n+m)$ پس از ورودی گرفتن شرط‌های گفته شده، مشخص کند که آیا جهت‌دهی ای برای یال های ورودی وجود دارد که تمام شرط‌های گفته شده برقرار باشند یا خیر.s

راهنمایی: حل مساله 2-sat با مرتبه $O(n+m)$ قابل انجام است.