



هوش مصنوعی

بهار ۱۴۰۴

استاد: احسان تن قطاری

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی کامپیوتر

مهران بختیاری، سینا محمدی، علیرضا میرشفیعیان، علیرضا ملک حسینی، عسل مسکین

مهلت ارسال: ۷ فروردین

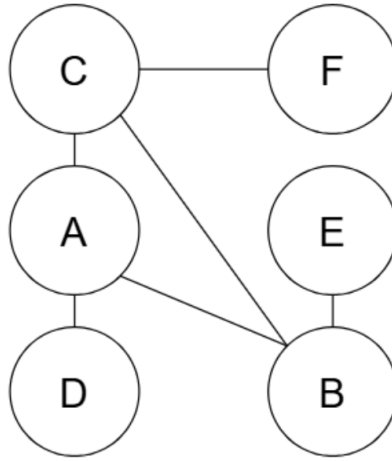
جست و جوی تخصصی و CSP

تمرین دوم

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است.
- در طول ترم امکان ارسال با تاخیر پاسخ همه‌ی تمارین سقف ۴ روز و در مجموع ۱۰ روز، وجود دارد. پس از گذشت این مدت، پاسخ‌های ارسال شده پذیرفته نخواهند بود. همچنین، به ازای هر ساعت تأخیر غیر مجاز نیم درصد از نمره ی تمرین کم خواهد شد.
- هم‌کاری و هم‌فکری شما در انجام تمرین مانعی ندارد اما پاسخ‌های ارسال 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 (۱۰۰ نمره)

۱. (۱۵ نمره) درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با ذکر دلیل کوتاه مشخص کنید.
 - (آ) هر مسئله‌ی ارضای قیود، قابل تبدیل به یک مسئله‌ی ارضای قیود دودویی است. یعنی می‌توان آن را تبدیل به مسئله‌ای کرد که تمام قیود آن با حداکثر دو متغیر سر و کار دارند.
 - (ب) اگر یک مسئله‌ی ارضای قیود k -consistent باشد، آنگاه $(k-1)$ -consistent است (به ازای $k > 1$).
 - (ج) یک مسئله‌ی ارضای قیود دودویی را می‌توان در زمان چندجمله‌ای بر حسب n (تعداد متغیرها) و d (اندازه‌ی دامنه) حل کرد.
 - (د) در مسائل CSP اگر Arc Consistency را با الگوریتمی مثل AC3 اعمال کنیم، دیگر نیازی به Backtracking نخواهیم داشت.
 - (ه) در هرس آلفا-بتا اگر گره‌ها را از چپ به راست باز کنیم، تعداد گره‌های هرس شده برابر با حالتی است که گره‌ها را از راست به چپ باز کنیم.
 - (و) هرس آلفا-بتا می‌تواند مقدار minimax محاسبه شده برای یک گره در درخت بازی را تغییر دهد.
 - (ز) در درخت Expectimax، اجرای هرس به هیچ وجه ممکن نیست.
۲. (۱۰ نمره) نمودار زیر گراف محدودیت یک CSP را نشان می‌دهد که فقط محدودیت‌های باینری دارد و در ابتدا هیچ متغیری مقدار دهی نشده است.
 - (آ) اگر متغیر A را مقداردهی کنیم، دامنه کدام متغیرها بعد از اعمال checking forward روی A تغییر خواهد کرد؟
 - (ب) اگر متغیر A را مقداردهی و checking forward را روی آن اجرا کنیم سپس متغیر B را مقداردهی کنیم، با اجرای checking forward روی B دامنه کدام متغیرها تغییر خواهد کرد؟
 - (ج) اگر متغیر A را مقداردهی کنیم، دامنه کدام متغیرها بعد از اعمال consistency arc تغییر خواهد کرد؟



(د) اگر متغیر A را مقداردهی و consistency arc را اجرا کنیم سپس متغیر B را مقداردهی کنیم، با اجرای consistency arc دامنه کدام متغیرها تغییر خواهد کرد؟

۳. (۱۵ نمره)

تحدب مجموعه ها و یا توابع زیر را نشان دهید.

(آ)

$$A = \{(x, y) \mid \|x\| \leq y\}$$

(ب)

$$A = \{(x + y) \mid x, y \in B\}$$

با این فرض که B یک مجموعه‌ی محدب است.

(ج)

$$f(x) = x^y y^x, \quad (x, y) \in \mathbb{R}^2$$

(د)

$$f(x) = \begin{cases} x, & x > 0 \\ a, & x = 0 \\ \infty, & x < 0 \end{cases}$$

با فرض اینکه a یک مقدار دلخواه نامنفی دارد.

۴. (۲۰ نمره) درخت Minimax شکل ۱ را در نظر بگیرید.

(آ) مقدار Minimax گره ریشه را تعیین کنید. آیا امکان دارد مقدار دیگری در یک وضعیت مشابه اما با ترتیب دیدن متفاوت به دست آید؟ چرا؟

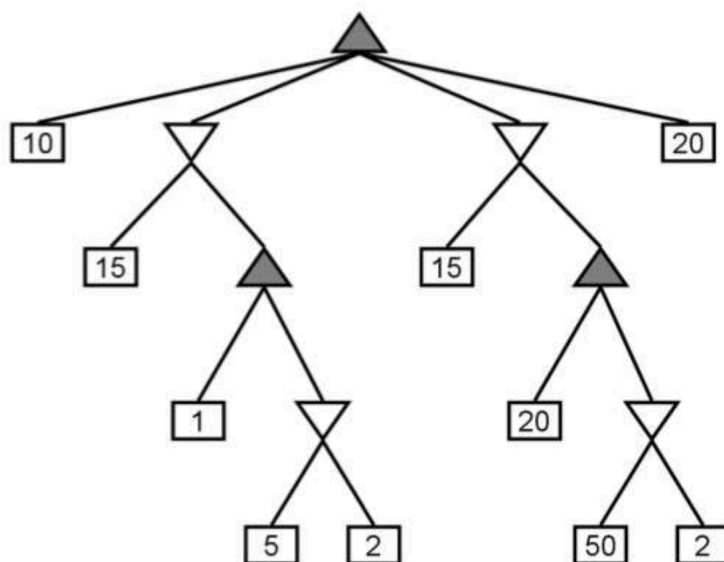
(ب) هرس آلفا-بتا را در این درخت اعمال کنید، فرض کنید گره‌های فرزند از چپ به راست دیده می‌شوند. تمام گره‌هایی که به دلیل هرس دیده نمی‌شوند را مشخص کرده و دلیل هرس آنها را توضیح دهید.

(ج) آیا ترتیب دیگری برای فرزندان گره ریشه وجود دارد که به ازای آن، هرس شدن بیشتری اتفاق بیفتد؟ اگر بله، این ترتیب را بیابید و دلیل خود را توضیح دهید.

(د) یک استراتژی کلی و عملی برای ترتیب‌دهی به فرزندان گره‌ها که منجر به حداکثر هرس شدن ممکن شود ارائه دهید. این استراتژی باید هم برای گره‌های Max و هم برای گره‌های Min به وضوح مشخص باشد.

(ه) فرض کنید که مقادیر برگ‌ها نامشخص هستند و فقط در یک محدوده داده شده‌اند (مثلاً مقادیر برگ‌ها می‌توانند در بازه $[a, b]$ باشند). در این صورت چگونه می‌توان از اطلاعات بازه‌ای برای بهینه‌سازی هرس آلفا-بتا استفاده کرد؟ آیا می‌توان بدون بررسی برخی از گره‌های داخلی، مقدار Minimax را دقیق‌تر تخمین زد؟ توضیح دهید.

(و) در نظر بگیرید که این درخت به جای گره‌های Min و Max شامل گره‌هایی است که استراتژی‌های متفاوتی را دنبال می‌کنند، مانند یک گره که بر اساس میانگین مقادیر فرزندانش مقداردهی می‌شود. چگونه می‌توان الگوریتم Minimax را برای این سناریو اصلاح کرد؟ آیا هرس آلفا-بتا هنوز قابل اعمال است؟ چرا یا چرا نه؟



شکل ۱: درخت Minimax

۵. (۲۰ نمره) گروهی از هکرها پس از نفوذ موفق به یک سیستم فوق‌امنیتی، یک الگوریتم رمزنگاری ارزشمند را به دست آورده‌اند. این گروه شامل N عضو است که بر اساس توانایی‌ها و میزان تأثیرگذاری خود، نسبت به یکدیگر قدرت و میزان نفوذ متفاوتی دارند. حال آن‌ها باید تصمیم بگیرند که چگونه منافع حاصل از فروش این الگوریتم را بین خود تقسیم کنند. هر بار یکی از اعضای گروه (به‌عنوان رئیس موقت) پیشنهاد تقسیم سود را ارائه می‌دهد. سپس اعضای باقی‌مانده در مورد این پیشنهاد رأی‌گیری می‌کنند. اگر حداقل نصف اعضای گروه (شامل خود رئیس) به پیشنهاد رأی مثبت دهند، سود طبق پیشنهاد تقسیم می‌شود. در غیر این صورت، رئیس موقت از گروه حذف شده و یکی از اعضای باقی‌مانده جای او را می‌گیرد.

شرایط و محدودیت‌ها:

- هر هکر ترجیح می‌دهد زنده بماند و پس از آن دریافت بیشترین سهم از سود را هدف اصلی خود قرار می‌دهد.
- اگر دو پیشنهاد مقدار مساوی برای یکی از اعضا داشته باشند، او به نفع پیشنهادی که رئیس قوی‌تری دارد رأی می‌دهد.
- اگر عضو X متوجه شود که رأی او به حذف رئیس فعلی منجر می‌شود و در آینده شانس بیشتری برای رئیس شدن دارد، ممکن است تصمیم بگیرد که رأی منفی بدهد.
- برخی اعضای گروه دارای اتحاد مخفی هستند که به نفع یکدیگر رأی می‌دهند، مگر اینکه منفعت شخصی‌شان به خطر بیفتد.

- (آ) در حالتی که تعداد اعضای گروه ۵، ۴، ۳، ۲ و ۶ نفر است، درخت بازی کامل را رسم کنید و تحلیل کنید که چگونه تصمیم‌گیری‌ها در هر مرحله انجام می‌شود.
- (ب) برای حالت کلی، الگوریتمی ارائه دهید که به یک رئیس موقت کمک کند تا بهینه‌ترین پیشنهاد ممکن را ارائه دهد تا زنده بماند.
- (ج) تحلیل کنید که آیا در این سیستم، راهکاری وجود دارد که اعضای ضعیف‌تر در برابر حذف شدن مقاومت کنند؟ اگر بله، چگونه؟

۶. (۲۰ نمره)

مسئله‌ی N Queens را در نظر بگیرید. در این مسئله باید N وزیر را در یک صفحه‌ی $N \times N$ شطرنج قرار دهید طوری که هیچ یک از وزیرها یکدیگر را تهدید نکنند.

- (آ) یک مسئله‌ی CSP با سه چیز تعریف می‌شود. آنها را نام ببرید. سپس مسئله‌ی N Queens را در قالب یک مسئله‌ی Binary CSP مدل کنید که در آن اندازه‌ی دامنه‌ی هر متغیر n است.
- (ب) مسئله‌ی ۴ وزیر را در نظر بگیرید. آقای ع.م. ۱ می‌گوید در مدل‌سازی او، فضای حالت 4^{16} عضو دارد. اما آقای ع.م. ۲ می‌گوید فضای حالت در مدل‌سازی او تنها ۲۵۶ عضو دارد. حدس می‌زنید هر کدام از آنها مسئله‌ی ۴ وزیر را به چه مسئله‌ی CSP ای تبدیل کرده باشد؟
- (ج) مسئله‌ی ۶ وزیر را با مدل‌سازی‌ای که کردید با استفاده از Backtracking و Forward Checking و MRV Heuristic حل کنید. نیازی به توضیح نیست، صرفاً یک جا که از Forward Checking استفاده کردید را مشخص کنید (برای MRV هم همچنین). می‌توانید پاسخ خود را با اسکرین‌شات از این سایت بنویسید.