به نام خدا

هوش مصنوعی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

محمدحسین رهبان
بهار ۱۴۰۳

۲۸ فروردین ۱۴۰۳ | **کوئیز اول** | زمان آزمون: ۶۰ دقیقه

۱. لطفا پاسخ خود را با خط خوانا بنویسید.

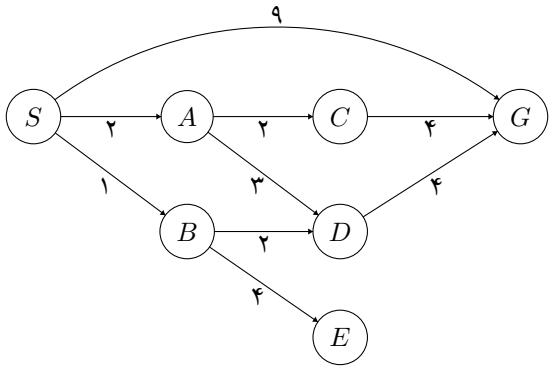
۲. پاسخ هر سوال را در یک صفحه جدا و شماره پرسش را به صورت واضح در بالای هر صفحه بنویسید.

۳. نوشته‌های شما در قسمت چرک‌نویس به هیچ عنوان تصحیح نخواهد شد.

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

پرسش‌های آزمون (۹۰ نمره)

پرسش ۱ (۳۰ نمره) ناصر و رضا در مساله جستجو زیر که به صورت یک گراف نمایش داده شده است گیر کرده‌اند. به آنها کمک کنید تا مساله را حل کنند. حالت شروع S و تنها حالت هدف G است. با استفاده از تابع هیوریستیک داده شده به سوالات این دو عزیز جواب دهید.



هیوریستیک

G	E	D	C	B	A	S
۰	۱۰	۱	۴	۶	۰	۶

(آ) چه مسیری توسط جستجوی درخت BFS برگردانده خواهد شد؟

(ب) چه مسیری توسط جستجوی درخت DFS برگردانده خواهد شد؟ ترتیب باز کردن رئوس جدید را الفبایی در نظر بگیرید.

(ج) چه مسیری توسط جستجوی گراف UCS برگردانده خواهد شد؟ آیا این مسیر بهینه است؟

(د) تعریف یکنوا و قابل قبول بودن یه هیوریستیک چیست؟ آیا هیوریستیک ارائه‌شده یکنوا و قابل قبول است؟

(ه) چه مسیری توسط جستجوی درخت A* برگردانده خواهد شد؟

پاسخ

(آ) $S - G$. BFS مسیر با کمترین تعداد یال تا رأس هدف را پیدا می‌کند.

(ب) $S - A - C - G$.

(ج) $S - B - D - G$. UCS مسیر بهینه را برمی‌گرداند.

(د) یک هیوریستیک برای یک گراف در مسیریابی الگوریتم‌هایی مانند A*، یکنوا و قابل قبول است اگر:

i. **قابل قبول**: یک هیوریستیک قابل قبول است اگر هرگز بیش از حد هزینه واقعی برای رسیدن به رأس هدف از هر رأس n تخمین نزند؛ به عبارت دیگر، هزینه هیوریستیک $h(n)$ همیشه کمتر یا برابر با هزینه واقعی $h^*(n)$ از n تا رأس هدف باشد.

ii. **یکنوا**: یک هیوریستیک یکنوا است اگر برای هر رأس n و هر رأس بعدی n' از n که توسط یک اکشن a تولید شده است، هزینه تخمینی رسیدن به هدف از n بیشتر از هزینه واقعی گام رسیدن به n' به علاوه هزینه تخمینی رسیدن به هدف از n' نباشد. به طور دقیق، یک هیوریستیک h یکنوا است اگر شرط زیر را برای هر رأس n و هر رأس بعدی n' از n برقرار باشد:

$$h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$$

که در آن $c(n, a, n')$ هزینه گام رسیدن به n' از n با استفاده از اکشن a است.

برای اثبات اینکه هیوریستیک در گراف داده‌شده قابل قبول است، باید بررسی کنیم که مقدار هیوریستیک برای هر رأس کمتر یا برابر با هزینه واقعی از آن رأس تا رأس هدف (G) است.
برای اثبات اینکه هیوریستیک یکنوا است، باید شرط بالا را برای هر رأس و جانشینان آن در نمودار بررسی کنیم.

- با چک کردن تمام راس‌ها می‌توان دید هیوریستیک داده شده قابل قبول است
- برای راس S داریم که:
  $h(S) = ۶ > h(A) + ۲ = ۲$ پس هیوریستیک داده شده یکنوا نیست.

(ه) $S - B - D - G$. از آنجایی که هیوریستیک داده‌شده قابل قبول است، الگوریتم A* همواره مسیر بهینه را پیدا می‌کند.

روند الگوریتم

Expanded path	Fringe (path + heuristic cost)
S	$S - A(2+0), S - B(1+6), S - G(9+0)$
$S - A$	$S - A - D(5+1), S - B(1+6), S - A - C(4+4), S - G(9+0)$
$S - A - D$	$S - B(1+6), S - A - C(4+4), S - G(9+0), S - A - D - G(9+0)$
$S - B$	$S - B - D(3+1), S - A - C(4+4), S - G(9+0), S - A - D - G(9+0), S - B - E(5+10)$
$S - B - D$	$S - B - D - G(7+0), S - A - C(4+4), S - G(9+0), S - A - D - G(9+0), S - B - E(5+10)$
$S - B - D - G$	$S - A - C(4+4), S - G(9+0), S - A - D - G(9+0), S - B - E(5+10)$

پرسش ۲ (۳۰ نمره) مسئله ارضای قیود زیر را درنظر بگیرید:

متغیرها : $\{A, B, C, D\}$
دامنه : $\{۱, ۲, ۳\}$
قیود : $\{A \neq B, A = D, C < B, C < D\}$

(آ) به روش Backtrack، با ترتیب الفبایی برای متغیرها و ترتیب نزولی برای مقادیر مسئله فوق را حل کنید.
(ب) حال قید $A = D$ را از مسئله حذف کنید و بعد از اعمال Arc Consistency دامنه متغیرها را بدست آورید. تمام مراحل را بنویسید.
(ج) در یک مسئله CSP کلی، در صورتی که بعد از اعمال Arc Consistencyبرای هر متغیر تنها یک مقدار باقی‌مانده باشد، آیا مسئله کامل حل شده است؟
(د) می‌دانیم Arc Consistency با کوچک کردن دامنه متغیرها، تعداد حالاتی که در Backtrack بررسی می‌شود را کم می‌کند و سرعت اجرای الگوریتم بالا می‌رود. اثر Arc Consistency روی مرتبه زمانی اجرای Backtrack را شرح دهید. (بیشترین و کمترین تاثیر آن را شرح دهید.)

پاسخ

(آ)
- $(A = 3)$
- $(A = 3, B = 3)$ inconsistent with $A \neq B$
- $(A = 3, B = 2)$
- $(A = 3, B = 2, C = 3)$ inconsistent with $C < B$
- $(A = 3, B = 2, C = 2)$ inconsistent with $C < B$
- $(A = 3, B = 2, C = 1)$
- $(A = 3, B = 2, C = 1, D = 3)$ all valid

(ب)
- Constraints both ways: $A \neq B$, $B \neq A$, $C < B$, $B > C$, $C < D$, $D > C$
- Queue: AB, BA, BC, CB, CD, DC
- Pop AB:
- **for each** x **in** Domain(A)
  if no value y **in** Domain(B) that allows (x, y) to satisfy constraint between (A, B)
  delete x from Domain(A)
- No change to domain of A
- Queue: BA, BC, CB, CD, DC
- Pop BA
  - Apply arc consistency for (B, A)
  - No change to domain of B
- Queue: BC, CB, CD, DC
  - Pop BC
  - If B is 1, constraint $B > C$ cannot be satisfied. So delete 1 from B's domain, $B = \{2, 3\}$
  - Also have to add neighbors of B (except C) back to queue: AB
- Queue: AB, CB, CD, DC
- Pop AB

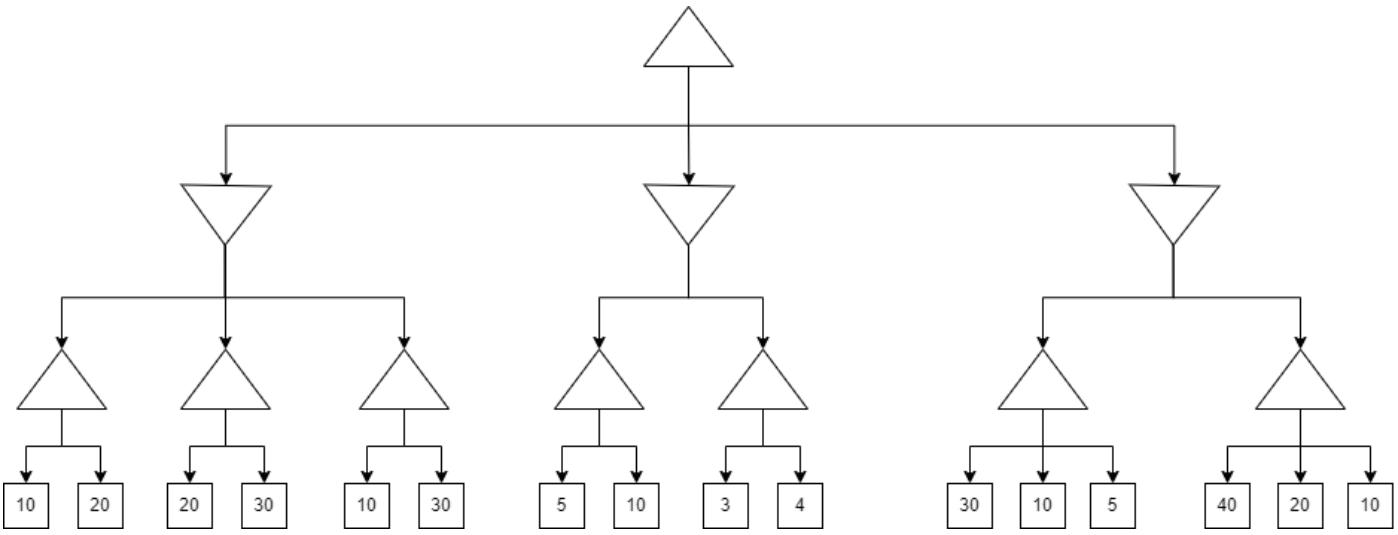
  - Apply arc consistency for (A, B)
  - No change to domain of A
  - Queue: CB, CD, DC
- Pop CB
  - If $C = 3$, no value of B that fits. So delete 3 from C's domain, $C = \{1, 2\}$
  - Also have to add neighbors of C (except B) back to queue: no change because already in
- Queue: CD, DC $A = \{1, 2, 3\}$ $B = \{2, 3\}$, $C = \{1, 2\}$, $A, D = \{1, 2, 3\}$
- Queue: DC $A = \{1, 2, 3\}$ $B = \{2, 3\}$, $C = \{1, 2\}$, $A, D = \{1, 2, 3\}$
- $A = \{1, 2, 3\}$ $B = \{2, 3\}$, $C = \{1, 2\}$ $D = \{2, 3\}$

(ج) داشتن تنها یک مقدار باقی‌مانده برای هر متغیر پس از اعمال Arc Consistency لزوماً به این معنا نیست که مسئله حل شده است — این تنها نشان می‌دهد که مسئله از نظر Arc Consistency مطابق است. برای اینکه مسئله حل‌شده در نظر گرفته شود، مقادیر باقی‌مانده برای تمام متغیرها باید تمام قیود دودویی و مرتبه بالاتر CSP را نیز ارضا کنند. در بسیاری از موارد، اگر مقدار باقی‌مانده برای هر متغیر هیچ یک از قیدها را نقض نکند، در این صورت مسئله واقعاً حل شده است. اما باید بررسی کنیم که تمام قیدها ارضا شده‌اند، نه فقط Arc Consistency.

(د) تأثیر Arc Consistency بر مرتبه زمانی Backtracking بستگی به مشخصات مسئله و قیود دارد. در بهترین حالت، Arc Consistency می‌تواند دامنه‌ها را به مقادیر تکی کاهش دهد، که به این معناست که راه‌حل بدون نیاز به Backtrack پیدا می‌شود. در چنین حالتی، مرتبه زمانی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و غالباً به یک تابع خطی از تعداد متغیرها تبدیل می‌شود. البته به شرطی که بتوان Arc Consistency را در زمان خطی اعمال کرد.

با این حال، به طور متوسط و در بدترین حالت، در حالی که Arc Consistency می‌تواند به طور چشمگیری تعداد شاخه‌هایی که نیاز به بررسی دارند را کاهش دهد، در بدترین مرتبه زمانی، Backtrack که تابعی نمایی از تعداد متغیرها است، تغییری ایجاد نمی‌کند. زیرا الگوریتم Backtracking ممکن است با ساختارهای خاص گراف قیود رو به رو شود، به ویژه زمانی که قیود بسیار مرتبط با یکدیگر هستند.

پرسش ۳ (۳۰ نمره) درخت جستجو تخاصمی شکل ۱ را در نظر بگیرید.



شکل ۱: درخت جستجوی تخاصمی

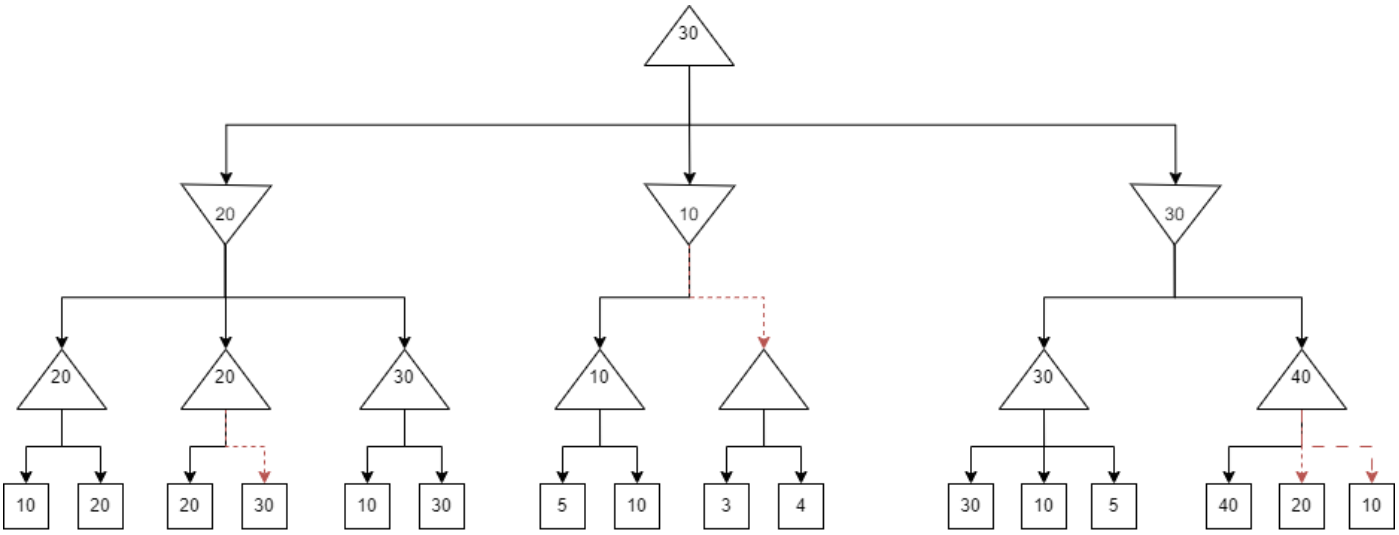
(آ) در روش هرس آلفا–بتا، هر کدام از آلفا و بتا نشان دهنده چه چیزی هستند؟ توضیح دهید.

(ب) الگوریتم هرس آلفا–بتا را روی درخت بالا اجرا کنید و مقدار هر راس را در طی این الگوریتم مشخص کنید.

پاسخ

(آ) بازیکن حداکثر کننده تضمین می‌کند که حداقل به اندازه آلفا امتیاز بدست می‌آورد.
بازیکن حداقل‌کننده تضمین می‌کند که حداکثر به اندازه مقدار بتا امتیاز بدست می‌آورد.

(ب) مقدار ریشه برابر ۳۰ می‌شود. هرس آلفا–بتا هم به صورت زیر می‌باشد.:



شکل ۲: درخت جستوجوی تخاصمی