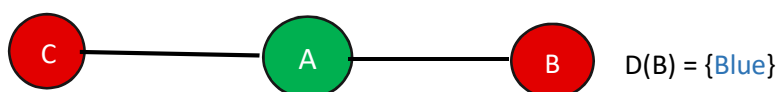


۱. درستی یا نادرستی هر مورد را با ذکر دلیل مشخص کنید.

الف) اگر در حین اجرای الگوریتم AC3 روی یک مسئله ارضای محدودیت، دامنه یک متغیر خالی شود باید الگوریتم را متوقف کنیم.

پاسخ: نادرست، شرط خاتمه الگوریتم بررسی و سازگار سازی همه لبه های لیست است.

ب) اگر در مسئله ای  $k$ -consistency برقرار باشد لزوماً  $(k-1)$ -consistency نیز برقرار می باشد.  
پاسخ: نادرست، به عنوان مثال نقض اگر سازگاری لبه که در واقع  $2$ -consistency است برقرار باشد لزوماً سازگاری گره  $(1$ -consistency) برقرار نیست. شکل زیر این مثال را نمایش می دهد.



در این مسئله، محدودیت، هم رنگ نبودن گره های مجاور و آبی بودن گره B است. اگر فرض کنیم گره A مقدار Green و گره C مقدار Red گرفته باشند و دامنه مقادیر مجاز گرهما در ابتدا،  $\{Blue, Green\}$  بوده باشد؛ سازگاری لبه ها برقرار است اما سازگاری گره، برای گره B برقرار نیست. چون در حال حاضر، دامنه مقادیر مجاز آن، فقط دارای مقدار "Blue" است که با محدودیت تکی آن، ناسازگار نیست.

پ) برای جست و جو در حل یک مسئله ارضای قیود هنگامی که قصد داریم تمامی جواب های مسئله را بیابیم بهتر است متغیری را انتخاب کنیم که کمترین درجه را در گراف محدودیت دارد.

پاسخ : درست، در هنگامی که قصد داریم تنها یک جواب قابل قبول برای مسئله پیدا کنیم متغیر با بیشترین درجه را در گراف محدودیت انتخاب می کنیم چرا که سعی داریم عقبگرد و تعداد حالات بررسی شده را کاهش دهیم اما هنگامی که قصد داریم تمامی جواب ها را بیابیم، اتفاقا باید حالت های بیشتری را بررسی کنیم تا بتوانیم به همه ی جواب های قابل قبول دست یابیم.

ت) در مسئله ارضای قیودی با  $d$  متغیر که هر کدام حداکثر دامنه ای با  $n$  عضو داشته باشند، پیچیدگی زمانی جست و جو در بدترین حالت  $O(d^n)$  خواهد بود.

پاسخ: نادرست، چرا که تعداد متغیرها، عمق درخت و دامنه مقادیر آن ها فاکتور انشعاب را مشخص می کند بنابراین برای اجرای الگوریتم جست و جو پیچیدگی زمانی در بدترین حالت  $O(n^d)$  است.

ث) استفاده از هرس آلفا-بتا تاثیری روی مقدار رئوس میانی درخت minimax ندارد.

پاسخ: نادرست، هرس آلفا-بتا روشی برای محاسبه ی سریع تر مقدار راس ریشه بوده و اعمال آن، با توجه به احتمال رخداد هرس شاخه های مختلف، حد پایین و یا بالایی از مقدار زیر شاخه های درخت minimax محاسبه می کند که لزوماً با مقدار دقیق یکسان نیست.

ج) در یک بازی دو نفره zero-sum نفر A مقدار ریشه درخت بازی را با استفاده از الگوریتم minimax عدد  $X$  به دست آورده است. در صورتی که امتیاز تمامی برگ ها با هم متفاوت باشند. اگر نفر B غیر بهینه بازی کند و A آن را نداند و با استراتژی minimax بازی کند، امتیاز نهایی برای A ممکن است از  $X$  کمتر باشد. (بازی غیر بهینه برای یک بازیکن به این معنا است که حداقل یک بار شاخه غیر بهینه، شاخه ای که بیشترین امتیاز را برای او به ارمغان نمی آورد را در درخت بازی انتخاب کند).

پاسخ: نادرست، در الگوریتم minimax بازیکن ریشه برای انتخاب عمل بعدی خود امتیازی را در نظر می گیرد که بازیکن مقابل بهینه بازی کند و درواقع امتیاز کمتری عاید بازیکن ریشه شود بنابراین اگر بازیکن B غیر بهینه بازی کند به آن معناست که ممکن است امتیاز بازیکن A بیشتر شود اما کمتر نمی شود.

۲. کیمیا می خواهد کتاب هایش را در کتابخانه بچیند، او کتاب هایش را به چهار دسته ی "درسی"، "داستانی"، "شعر و ادبیات" و "علمی" تقسیم کرده است. کتابخانه اش هم تنها ۳ طبقه دارد که هر کدام از این دسته کتاب ها باید در یک طبقه قرار بگیرد. ( ممکن است در یک طبقه بیش از یک دسته کتاب قرار بگیرد).

اما کیمیا یک سری محدودیت برای چیدمان کتاب ها دارد:

- کتاب های درسی و داستانی نباید در یک طبقه قرار بگیرند.
- کتاب های درسی و علمی فقط در طبقه دوم می توانند کنار هم قرار بگیرند.
- اگر کتاب های درسی و علمی در طبقه ای کنار هم قرار نگیرند، یکی از آن ها باید در طبقه سوم کتابخانه قرار بگیرند.

- کتاب های شعر و ادبیات تعدادشان زیاد است و نمی توانند با دسته کتاب های دیگر در یک طبقه قرار بگیرند.

- همچنین چون کیمیا به شعر و ادبیات علاقه مند است، می خواهد کتاب های شعر و ادبیات در طبقه بالاتری از کتاب های علمی قرار بگیرد.

این مسئله را به صورت یک CSP مدل کنید و با استفاده از الگوریتم AC3 سازگاری لبه ها را در گراف محدودیت برقرار کنید .

پاسخ)

متغیر ها:

دسته بندی های کتاب را متغیر در نظر می گیریم.

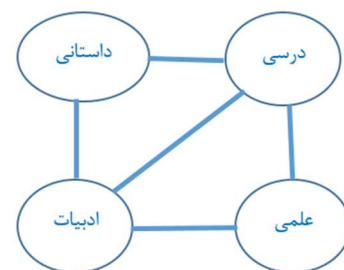
مقدار متغیر ها:

در ابتدا دامنه متغیر ها برابر {۱و۲و۳} است که با توجه به محدودیت ها و با استفاده از الگوریتم AC3 دامنه مقادیر تغییر خواهد کرد.

برای سادگی نام دسته ها را با حروف نمایش می دهیم:

درسی : a      داستانی: b      علمی: c      ادبیات: d

$$D(a) = D(b) = D(c) = D(d) = \{1,2,3\}$$



ab

ac

ad

bd

dc

برای اجرای الگوریتم AC3 ابتدا لیستی از لبه ها را مشخص می کنیم:

در ادامه مراحل اجرای الگوریتم آمده است:

ac

ad

bd

dc

۱. لبه  $ab$  سازگار است بنابراین از لیست خارج می شود و دامنه متغیر ها نیز تغییر نمی کند.

dc

۲. لبه  $ac$  و  $ad$  و  $bd$  نیز سازگار هستند و بدون تغییر دامنه متغیر ها از لیست خارج می شوند.

۳. در بررسی سازگاری لبه  $dc$  دامنه هر دو متغیر تغییر می کند و لبه های منتهی شونده به آن دو گره دوباره به لیست باز می گردند. کتاب های دسته علمی نمی توانند در طبقه سوم قرار بگیرند و همچنین کتاب های دسته ادبیات در طبقه اول قرار نمی گیرند.

$$D(c) = \{1,2\} , \quad D(d) = \{2,3\} , \quad D(a) = D(b) = \{1,2,3\}$$

ac

ad

bd

۴. حال با توجه با تغییر دامنه متغیر ها طبق محدودیت بیان شده درمورد کتاب های درسی و علمی، مقدار ۱ از دامنه متغیر  $a$  حذف می شود و باید مجدد لبه های منتهی شونده به این گره را به لیست اضافه کنیم.

$$D(c) = \{1,2\} , \quad D(d) = D(a) = \{2,3\} , \quad D(b) = \{1,2,3\}$$

ab

ad

bd

۵. لبه  $ab$  ,  $ad$  ,  $bd$  سازگار هستند و بدون تغییر دامنه متغیر ها از لیست خارج می شوند.

۶. با بررسی همه لبه ها و سازگار سازی آن ها الگوریتم به پایان می رسد.

۳. پس از گذشت چهار ترم از آموزش مجازی طبق برنامه ریزی های انجام شده قرار است به آموزش حضوری بازگردیم اما دانشکده کامپیوتر با مشکلی روبه رو است. آموزش دانشکده در ابتدای ترم از تصمیمات مبنی بر حضوری شدن کلاس ها آگاه نبود و برنامه کلاس ها را با توجه به آموزش مجازی تنظیم کرده بود، حال که قرار است کلاس ها به صورت حضوری برگزار شود، باید به هر درس ارائه شده، کلاسی اختصاص دهد. دانشکده تا حدودی توانسته است این مشکل را رفع کند اما حالا برنامه ریزی کلاس های ۱۰۱، ۱۰۲ و ۱۰۳ برای دروس ارائه شده در روز های شنبه و دوشنبه که به شرح زیر هستند را به شما سپرده است.

هوش محاسباتی گروه ۱	9 – 10:30	دکتر ملک
هوش محاسباتی گروه ۲	5 – 6:30	دکتر ملک
طراحی سیستم های دیجیتال	9 – 10:30	دکتر جهانیان
زبان تخصصی	5 – 6:30	دکتر جوانمردی
معماری کامپیوتر	4 – 5:30	دکتر عطارزاده
حل تمرین مدار الکتریکی	3 – 4:30	تدریس یار
حل تمرین پایگاه داده	3 – 4:30	تدریس یار

در برنامه ریزی برای اختصاص دادن کلاس ها به هر یک از دروس ارائه شده محدودیت هایی به شرح زیر داریم:

- دروس با تداخل زمانی نمی توانند در یک کلاس مشترک برگزار شوند. ( محدودیت اصلی و بدیهی )
- کلاس های حل تمرین فقط می توانند در کلاس های ۱۰۲ و ۱۰۳ برگزار شوند.
- کلاس های معماری و زبان تخصصی به دلیل جمعیت زیاد باید در یکی از کلاس های ۱۰۱ یا ۱۰۲ برگزار شوند.
- برای برقراری شرایط برابر، هر دو گروه هوش محاسباتی باید در یک کلاس برگزار شوند.

همچنین با حضوری شدن آموزش، دانشکده قصد دارد جلسات گروه های آموزشی را نیز در روز های دوشنبه به صورت حضوری برگزار کند، اما تنها یکی از اتاق های جلسات دانشکده متناسب با پروتکل های بهداشتی است. چون برنامه حضور اساتید دروس جدول بالا مشخص نشده بود، دانشکده نتوانست ساعت جلسات گروه هوش و معماری را مشخص کند و اکنون تنها در ساعات (3-4:30) و (4:30-6) آن اتاق جلسه خالی است.

با توجه به اینکه دکتر ملک و دکتر جوانمردی از اساتید **گروه هوش** و دکتر عطارزاده و دکتر جهانیان از اساتید **گروه معماری** هستند و محدودیت تداخل نداشتن ساعت جلسه با کلاس های این اساتید مشخص کنید که جلسات گروه می تواند به صورت حضوری برگزار شود یا خیر، و اگر این امکان وجود دارد ساعت جلسه هر گروه را نیز تعیین کنید.

مشکلات دانشکده را به صورت مسائل CSP مدل کنید و با استفاده از روش Forward checking و به کمک مکاشفه های انتخاب متغیر و مقدار مناسب مسئله را حل کنید.

(پاسخ)

این سوال درواقع شامل دو مسئله CSP است که با متغیر ها و دامنه مقادیر های متفاوت مدل می شوند.

- مسئله اول: اختصاص کلاس به دروس ارائه شده در جدول  
متغیر ها : دروس ارائه شده که برای راحتی کار با حروف به شکل زیر نمایش داده می شوند.

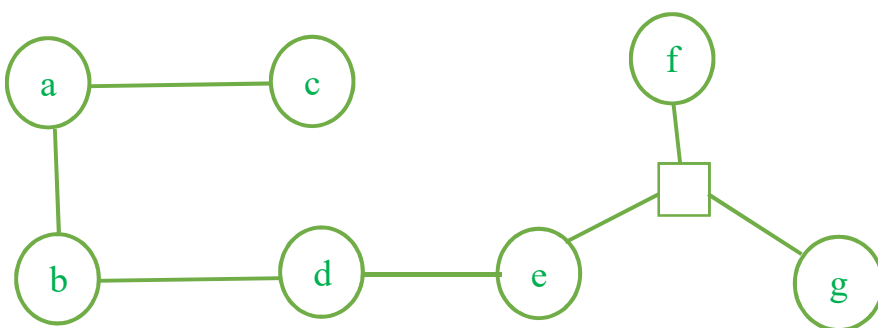
a	هوش محاسباتی گروه ۱
b	هوش محاسباتی گروه ۲
c	طراحی سیستم های دیجیتال
d	زبان تخصصی
e	معماری کامپیوتر
f	حل تمرین مدار الکتریکی
g	حل تمرین پایگاه داده

دامنه مقادیر متغیر ها به صورت اولیه برابر  $\{۱۰۱ و ۱۰۲ و ۱۰۳\}$  که با توجه به محدودیت های unary

$$D(a) = D(b) = D(c) = \{101, 102, 103\}$$

$$D(d) = D(e) = \{101, 102\}$$

$$D(f) = D(g) = \{102, 103\}$$



۱. طبق مکاشفه MRV متغیر های  $d, e, f, g$  برای مقدار دهی مناسب هستند اما برای کاهش عقبگرد ها از مکاشفه درجه نیز استفاده می کنیم که طبق آن متغیر  $e$  بیشترین درجه را دارد بنابراین برای مقدار دهی انتخاب می شود.

طبق مکاشفه LCV اگر مقدار ۱۰۱ را به متغیر  $e$  اختصاص دهیم کمترین حذف از دامنه مقادیر سایر متغیر ها رخ می دهد. بنابراین داریم:

$$e = 101$$

$$D(a) = D(b) = D(c) = \{101, 102, 103\}$$

$$D(d) = \{102\}$$

$$D(f) = D(g) = \{102, 103\}$$

۲. طبق مکاشفه MRV متغیر  $d$  که کمترین دامنه مقادیر مجاز را دارد مقدار ۱۰۲ را می گیرد و دامنه مقادیر متغیر هایی که با آن محدودیت دارد به شکل زیر تغییر می کند:

$$e = 101, \quad d = 102$$

$$D(a) = D(c) = \{101, 102, 103\}$$

$$D(b) = \{101, 103\}$$

$$D(f) = D(g) = \{102, 103\}$$

۳. متغیر های  $f, g, b$  بر اساس مکاشفه های درجه و MRV شرایط یکسانی دارند بنابراین به طور دلخواه یکی از دو متغیر  $f$  یا  $g$  را مقدار دهی می کنیم که باعث می شود متغیر دیگر هم مقدار مخالف را بگیرد.

$$e = 101, \quad d = 102, \quad f = 102, \quad g = 103$$

$$D(a) = D(c) = \{101, 102, 103\}$$

$$D(b) = \{101, 103\}$$

۴. طبق مکاشفه MRV متغیر  $b$  می تواند یکی از دو مقدار دامنه اش را بگیرد و با توجه به محدودیت آن با متغیر  $a$  دامنه مقادیر مجاز  $a$  نیز به همان مقدار تغییر می کند.

$$e = 101, \quad d = 102, \quad f = 102, \quad g = 103, \quad b = 103$$

$$D(a) = \{103\}$$

$$D(c) = \{101, 102, 103\}$$

۵. در آخر طبق مکاشفه MRV متغیر  $a$  مقدار ۱۰۳ را می گیرد و دامنه مقادیر مجاز  $c$  نیز تغییر می کند.

$e = 101$  ,  $d = 102$  ,  $f = 102$  ,  $g = 103$  ,  $b = 103$  ,  $a = 103$

$D(c) = \{101, 102\}$

۶. در نهایت به صورت دلخواه یکی از دو مقدار ۱۰۱ یا ۱۰۲ برای متغیر  $c$  انتخاب می شود:

$e = 101$  ,  $d = 102$  ,  $f = 102$  ,  $g = 103$  ,  $b = 103$  ,  $a = 103$  ,  $c = 101$

• مسئله دوم: تعیین زمان جلسات گروه هوش و معماری

متغیر:

کلاس های اساتید این دو گروه و جلسات گروه هوش و معماری

دامنه مقادیر:

به علت محدودیت های unary دامنه مقادیر مجاز برای کلاس های درس همان زمان های آمده در

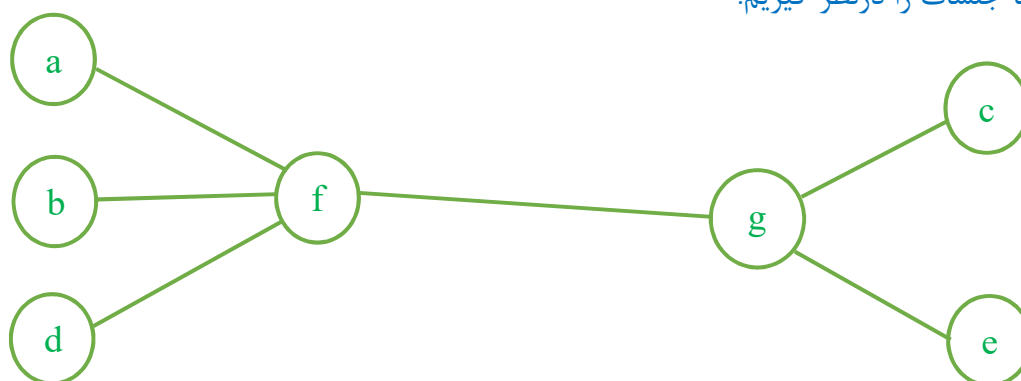
جدول است، اما دامنه مقادیر برای جلسات برابر  $\{۳ تا ۴:۳۰$  ،  $۴:۳۰ تا ۶\}$  خواهد بود.

بنابراین متغیر ها و محدودیت هایشان را در گراف زیر مدل می کنیم:

a	هوش محاسباتی گروه ۱
b	هوش محاسباتی گروه ۲
c	طراحی سیستم های دیجیتال
d	زبان تخصصی
e	معماری کامپیوتر
f	جلسه گروه هوش
g	جلسه گروه معماری

چون تداخل زمان کلاس ها در این مسئله برایمان محدودیت نیست، در گراف محدودیت، تنها تداخل زمانی

کلاس ها با جلسات را در نظر گیریم:





$$a = 9 - 10:30, \quad b = 5 - 6:30, \quad d = 5 - 6:30, \quad c = 9 - 10:30, \quad e = 4 - 5:30$$

$$D(f) = D(g) = \{3 - 4:30, 4:30 - 6\}$$

طبق مکاشفه درجه، متغیر  $f$  برای مقداردهی انتخاب می شود که با توجه به تداخل های زمانی تنها می تواند مقدار  $3 - 4:30$  را بگیرد. بنابراین داریم:

$$a = 9 - 10:30$$

$$b = 5 - 6:30$$

$$d = 5 - 6:30$$

$$c = 9 - 10:30$$

$$e = 4 - 5:30$$

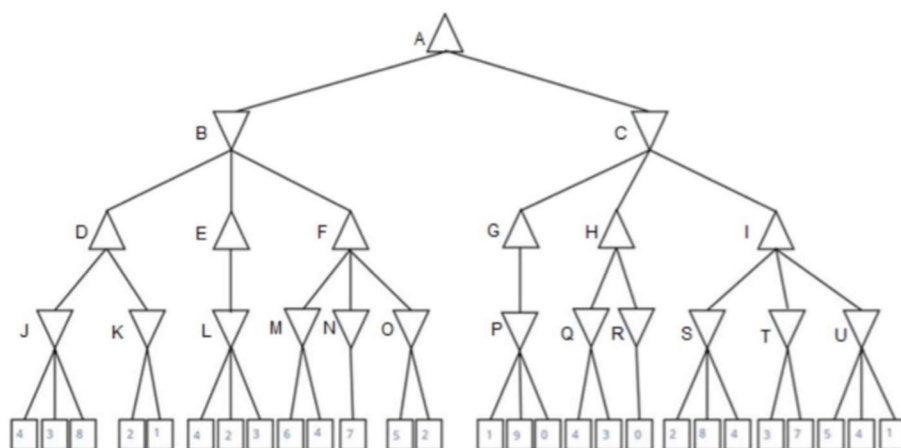
$$f = 3 - 4:30$$

$$D(g) = \{4:30 - 6\}$$

با توجه به اینکه از روش forward checking استفاده می کنیم با مقدار دهی  $4:30 - 6$  برای متغیر  $g$  متوجه می شویم که محدودیت ها نقض می شود و عقبگرد انجام می دهیم تا مقدار دیگری برای متغیر ها در نظر بگیریم اما دامنه مقادیر خالی شده بنابراین این مسئله جواب ندارد.

درواقع جلسات این دو گروه دانشکده نمی توانند هر دو به صورت حضوری برگزار شوند.

۴. با توجه به درخت minimax زیر به سوالات زیر پاسخ دهید.



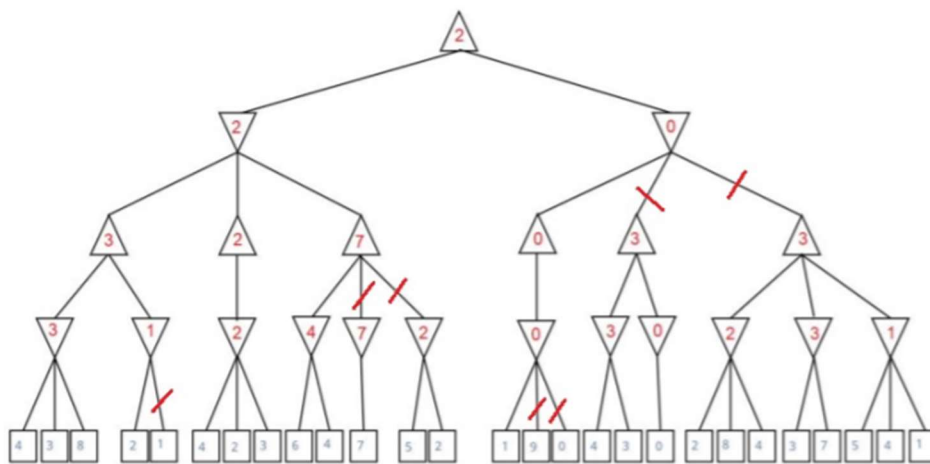
الف) بازیکن max در ابتدای بازی کدام شاخه را انتخاب می کند؟ ( برای نامیدن شاخه ها از ترکیب اسم دوسر شاخه استفاده کنید).

ب) اگر بخواهیم از هرس آلفا-بتا استفاده کنیم، روی شکل مشخص کنید که کدام شاخه ها هرس می شوند.

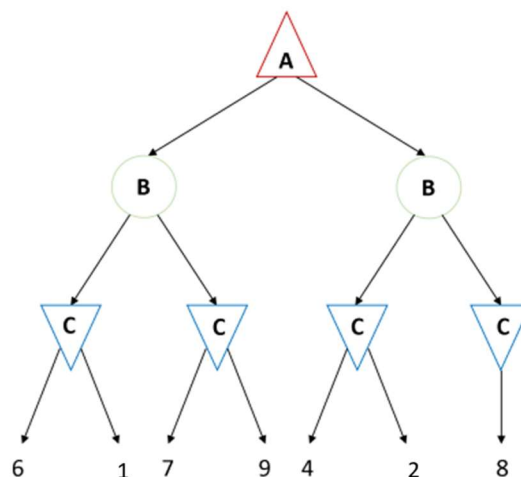
پاسخ)

الف) AB

ب)



۵. در درخت بازی زیر گره A گره max، گره های B گره های شانس و گره های C گره های min هستند. با توجه به اینکه احتمال شاخه های گره های شانس برابر  $\frac{1}{2}$  می باشد، به سوالات زیر پاسخ دهید.

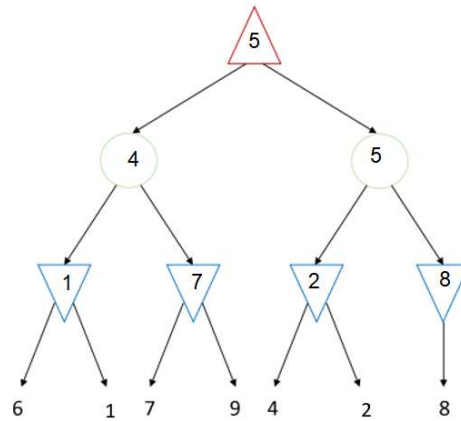


الف) با توجه به الگوریتم بازی های تصادفی مقدار گره ها را مشخص کنید.

ب) ترتیب شاخه های درخت را طوری تغییر دهید که در هر س آلفا-بتا بیشترین تعداد شاخه های ممکن هرس شود.

پاسخ)

الف)



ب)

