



دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان: تکلیف دوم درس هوش مصنوعی

موعد تحویل سوالات نظری: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷

موعد تحویل سوالات عملی: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲

نیم سال تحصیلی: بهار ۱۴۰۱

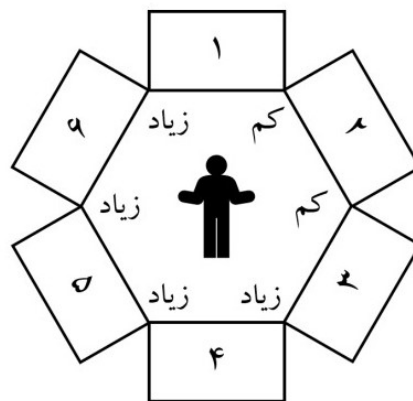
مدرس: دکتر حسین فلسفین

دستیاران آموزشی: مجید فرهادی - علی ملاحسینی - آرش وشاق

## ۱ سوالات نظری

## ۱.۱ نوید زندانی (۸۰ نمره)

نوید در اتاقی گیر افتاده که شش در دارد. پشت هر یک از این درها یا راه خروج و آزادی قرار دارد، یا یک چاه و یا یک زندان که راه خروج از آن وجود ندارد. تنها سرنخ که درباره‌ی درها داریم میزان بادی است که از زیر هر در به داخل اتاق می‌وزد؛ از سمت درهای خروج باد کم و از سمت چاه‌ها باد شدیدتری می‌وزد، اما از سمت زندان بادی نمی‌وزد. نوید امکان چک کردن هر در از نزدیک را ندارد اما با ایستادن بین دو در مجاور می‌تواند ماکزیمم باد پشت آن دو اتاق را حس کند (مثلا بین در خروج و چاه، باد شدید و بین در خروج و زندان باد کم حس می‌شود). همچنین ممکن است صفر، یک، یا بیش از یک در خروج وجود داشته باشد اما هیچ دو در خروج کنار هم نیستند.



مشاهدات نوید در بالا مشخص شده است. او مسئله را به صورت CSP مدل کرده است که در آن متغیرها درها هستند ( $X_i$ ها)، و

دامنه هر یک از متغیرها {خروج، چاه، زندان} است.

۱. تمام قیده‌های binary و unary این CSP را بیان کنید.

۲. با در نظر گرفتن مقدار «خروج» برای  $X_6$ ، arc-consistency را پس از مقداردهی اجرا و شرایط unary را اعمال کنید (چه

مقادیر قابل قبولی برای هر متغیر باقی می‌ماند؟).

۳. فرض کنید که arc-consistency مجموعه‌ی زیر را به عنوان مقداردهی‌های ممکن گزارش کرده است:

$X_1$	خروج	زندان
$X_2$	خروج	زندان
$X_3$	خروج	زندان
$X_4$	چاه	
$X_5$	خروج	زندان
$X_6$	چاه	

با توجه به MRV، کدام متغیر(ها) باید پیش از بقیه مقداردهی شوند؟

۴. فرض کنید می‌دانیم در پنجم به زندان منتهی می‌شود. لیست راه‌حل‌های ممکن برای این مسئله را در صورت وجود گزارش کنید.

۵. اگر به طور کلی این اتاق  $n$  در داشته باشد ( $n > 2$ ) و پشت هر در  $d$  سرنوشت مختلف انتظار نوید را بکشد، شیوه‌ای کارآمد (در زمان خطی نسبت به تعداد متغیرها) برای حل این مسئله ارائه کنید.

۶. در قسمت قبلی اگر جستجوی backtracking را روی این گراف دایره‌شکل انجام دهیم، در بدترین حالت چند بار نیاز به بازگشت خواهیم داشت؟

### ۲.۱ مسئله سه رنگ (۱۰ نمره)

مسئله رنگ‌آمیزی گراف در شرایطی که گراف کامل با چهار راس و سه رنگ داریم را در نظر بگیرید. آیا این مسئله arc-consistent هست؟ path-consistent چطور؟ 4-consistent در صورتی که 4-consistent نیست آن را قویا 4-consistent کنید. آیا می‌توان مسئله را تنها با اضافه کردن قیدهای binary، 4-consistent کرد؟

### ۳.۱ consistency (۲۰ نمره)

به سوالات زیر درباره consistency پاسخ دهید.

۱. آیا از برقراری  $k+1$ -consistency میتوان  $k$ -consistency را نتیجه گرفت؟

۲. در مسئله arc-consistency را بررسی کرده و با استفاده از AC-3 دامنه متغیرها را بازنویسی کنید. (شبه‌کد الگوریتم AC-3 را می‌توانید در بخش ۵.۲ مرجع اصلی درس پیدا کرده و به آن مراجعه کنید).

$$A \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\},$$

$$B \in \{1, 4\}$$

$$C \in \{5, 6, 7\},$$

$$D \in \{6, 7, 8, 9\}$$

$$A \leq B$$

$$A + C \leq 8$$

$$C = D$$

### ۴.۱ مدل‌سازی (۶۰ نمره)

مسائل زیر را با استفاده از یک CSP Constraint Satisfaction Problem مدل‌سازی کنید که تعداد constraintها و اندازه‌شان چند جمله‌ای بر حسب اندازه خروجی باشد.

۱. کشوری دارای  $n$  شهر است. این شهرها با  $m$  جاده به هم متصل شده‌اند. این کشور قانون عجیبی دارد که هر دو شهر مجاور باید حداقل ۲۰۰۰ نفر جمعیتشان اختلاف داشته باشد. از طرفی برای جلوگیری از به وجود آمدن کلان‌شهر جمعیت پرجمعیت‌ترین شهر نباید بیش از ۳ برابر کم‌جمعیت‌ترین شهر باشد. اگر جمعیت هر شهر را پارامتری در نظر بگیریم، سعی کنید با استفاده از CSP مسئله را مدل کنید.

۲. طبق قضیه‌ای می‌دانیم که هر نقشه را میتوان با ۴ رنگ رنگ‌آمیزی کرد به نحوی که مناطق مجاور هم‌رنگ نباشند. حال فرض کنید می‌خواهیم با چهار رنگ آبی، قرمز، سبز و سفید نقشه را رنگ کنیم به طوری که آبی بیشترین تعداد استفاده شده باشد،

سپس بیشترین ناحیه قرمز شده باشند و پس از آن با رنگ سبز و در انتها رنگ سفید کمترین بار استفاده شده باشد. همچنین تعداد مناطقی که با آبی رنگ کرده‌ایم حداکثر ۲ برابر تعداد مناطقی باشد که با سفید رنگ کرده‌ایم. به چنین رنگ‌آمیزی‌ای رنگ آمیزی متعادل می‌گوییم. مسئله رنگ‌آمیزی متعادل را به ازای یک نقشه دلخواه با استفاده از CSP مدل کنید.

#### ۵.۱ برنامه‌ریزی کلاس‌ها (۳۰ نمره)

فرض کنید شما مسئول برنامه‌ریزی کلاس‌های علوم کامپیوتر هستید که در روزهای شنبه، یکشنبه و دوشنبه برگزار می‌شوند. پنج کلاس در این روزها برگزار خواهد شد و سه استاد در این کلاس‌ها درس خواهند داد. شما با این واقعیت محدود شده‌اید که هر استاد در هر زمان مشخص می‌تواند در یک کلاس تدریس کند و محدودیت‌های زیر نیز برقرار می‌باشند:

کلاس‌ها عبارتند از:

۱. کلاس ۱ - مبانی کامپیوتر از ساعت ۸ الی ۹

۲. کلاس ۲ - هوش مصنوعی از ساعت ۸:۳۰ الی ۹:۳۰

۳. کلاس ۳ - پردازش زبان طبیعی از ساعت ۹ الی ۱۰

۴. کلاس ۴ - بینایی ماشین از ساعت ۹ الی ۱۰

۵. کلاس ۵ - یادگیری ماشین از ساعت ۹:۳۰ الی ۱۰:۳۰

استاد عبارتند از:

۱. استاد الف که می‌تواند کلاس‌های ۳ و ۴ را تدریس کند.

۲. استاد ب که می‌تواند کلاس‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ را تدریس کند.

۳. استاد پ که می‌تواند همه ی کلاس‌ها را تدریس کند.

۱. این مسئله را در قالب یک مسئله‌ی ارضای محدودیت به گونه‌ای فرمول‌بندی کنید که برای هر کلاس یک متغیر وجود داشته باشد و دامنه و محدودیت‌های آن‌ها را نیز ذکر کنید.

۲. گراف محدودیت این مسئله‌ی ارضای محدودیت را رسم کنید.

۳. مسئله‌ی CSP شما باید تقریباً ساختار درخت‌گونه داشته باشد. به صورت مختصر توضیح دهید که چرا ترجیح می‌دهیم مسائل CSP با ساختار درخت را حل کنیم؟

#### ۶.۱ Puzzle Cryptarithmic (امتیازی)

مسئله Puzzle Cryptarithmic زیر را در اولین Formulation ارائه شده برای آن در کلاس در نظر بگیرید. الگوریتم backtracking را با هیورستیک‌های MVR و LCV به صورت دستی برای آن انجام دهید و در هر مرحله متغیری که برای مقداردهی انتخاب می‌کنید، مقادیر دامنه متغیرهای دیگر بعد از مقداردهی آن و این که بازگشت به عقب نیاز هست یا نه را شرح دهید. (در صورتی که درخت/گراف مورد نظر ابعاد بزرگی دارد، رسم و بررسی قسمت کوچکی از آن کافی است).

راهنمایی: جواب این سوال به صورت  $[O=0, M=1, Y=2, E=5, N=6, D=7, R=8, S=9]$  می‌باشد. (توجه کنید که در این نوع مسائل هر رقم به یک حرف و هر حرف به یک رقم نسبت داده می‌شود و هیچ عددی با رقم صفر شروع نمی‌شود. مثال عدد ۲۳ وجود ندارد).

$$\frac{SEND + MORE}{MONEY}$$

## ۲ سوالات عملی

ابزار MiniZinc یک نرم‌افزار رایگان و متن‌باز برای توصیف مسائل ارضای محدودیت می‌باشد. پس از آنکه مسئله در بستر این ابزار توصیف شد، MiniZinc آن را در اختیار حل‌کننده‌هایی (solvers) که به آنها متصل است قرار می‌دهد و پس از حل شدن، جواب آن در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. این ابزار را می‌توانید به صورت رایگان از طریق آدرس [minizinc.org](http://minizinc.org) بارگیری کرده و مستندات مربوط به آن را مطالعه کنید. همچنین مثال‌های بسیار زیادی برای حل مسائل CSP روی GitHub موجود است که میتوان برای درک بهتر این ابزار به آن‌ها رجوع کرد. (برای مثال می‌توانید تعدادی مثال معروف از کار با این ابزار را در آدرس [github.com/MiniZinc/minizinc-examples](https://github.com/MiniZinc/minizinc-examples) مشاهده کنید).

در این بخش قصد داریم دو بخش مسئله ۴ از مسائل نظری که در بستر CSP مدل‌سازی کردیم، را با ابزار MiniZinc حل نماییم. بدین ترتیب که هر دانشجو با استفاده از این ابزار باید راه حل مناسبی برای تست کیس متناظر به شماره دانشجویی خود پیدا کرده و راه حل پیدا شده را به همراه کد خود آپلود نماید. لینک [IUTBox](https://iutbox.com) برای دسترسی به تست کیس‌ها.

### ۱.۲ مسئله جمعیت شهرها (۱۰۰ نمره)

در این مسئله شما باید مدل ارائه شده در بخش الف سوال چهار مسائل نظری را در بستر MiniZinc پیاده‌سازی کنید. ورودی: در خط اول به شما دو عدد  $n$  و  $m$  داده می‌شود که به ترتیب نشان‌دهنده تعداد شهرها و جاده‌هاست. در  $m$  خط بعدی در هر خط به شما دو شهر که با جاده به هم متصل هستند داده می‌شود. خروجی: در خروجی شما باید  $n$  عدد چاپ کنید که عدد  $i$ م جمعیت شهر  $i$ م است. خروجی شما باید شرایط گفته شده در مسئله را ارضا کند.

خروجی خود را در فایل در کنار فایل برنامه به نام YourStudentID-P1.txt (به جای YourStudentID شماره دانشجویی خود را قرار دهید. D:) ذخیره کنید. در نهایت فایل mzn و خروجی برنامه را ارسال کنید.

### ۲.۲ مسئله چهار رنگ (۱۰۰ نمره)

در این مسئله شما باید مدل ارائه شده در سوال چهار مسائل نظری قسمت ب را در بستر MiniZinc پیاده‌سازی کنید. ورودی: در ورودی به شما گراف مسطحی داده می‌شود، در خط اول به شما دو عدد  $n$  و  $m$  داده می‌شود که به ترتیب نشان‌دهنده تعداد کشورها و همسایه‌های هر کشور است. در  $m$  خط بعدی در هر خط به شما دو کشور که مرز مشترک دارند داده می‌شود. خروجی: در خروجی شما باید  $n$  عدد چاپ کنید که عدد  $i$ م رنگ کشور  $i$ م است. (رنگ هر شهر باید عددی بین ۱ تا ۴ است که به ترتیب رنگ ۱ بیشترین بار تکرار شده است و رنگ ۴ کمترین بار تکرار شده است). خروجی خود را در فایل در کنار فایل برنامه به نام YourStudentID-P2.txt ذخیره کنید. در نهایت فایل mzn و خروجی برنامه را ارسال کنید.

### ۳ پیوست

#### ۱.۳ ابهام در صورت سوالات

اگر ابهامی در صورت سوالات وجود دارد، می‌توانید از طریق Email یا Skype با بنده در ارتباط باشید.

#### ۲.۳ شباهت در پاسخ‌های تحویلی

اگر شباهتی در پاسخ‌های تحویلی دیده شود، نمره کل تکلیف برای طرفین صفر بوده و اسامی به استاد درس اعلام خواهد شد.

#### ۳.۳ $\text{\LaTeX}$

توصیه می‌شود برای نگارش پاسخ‌نامه از  $\text{\LaTeX}$  استفاده نمایید. سایت [۱] گنجینه‌ای از قالب‌های متنوع برای کاربردهای گوناگون به شما ارائه می‌دهد.

### منابع

[1] <https://www.overleaf.com/>