

به نام خدا

تکلیف سوم هوش مصنوعی

مسائل ارضای محدودیت (CSP)

تاریخ تحویل: دوشنبه ۹۷/۹/۱۹ ساعت ۲۳:۵۵

۱- فرض کنید شما مسئول برنامه‌ریزی کلاس‌های علوم کامپیوتر هستید که در روزهای شنبه، یکشنبه و دوشنبه برگزار می‌شوند. ۵ کلاس در این روزها برگزار خواهد شد و ۳ استاد در این کلاس‌ها درس خواهند داد. شما با این واقعیت محدود شده‌اید که هر استاد در هر زمان مشخص می‌تواند در یک تدریس کند.

کلاس‌ها عبارتند از:

- کلاس ۱ - مبانی کامپیوتر از ساعت ۸ الی ۹
- کلاس ۲ - هوش مصنوعی از ساعت ۸:۳۰ الی ۹:۳۰
- کلاس ۳ - پردازش زبان طبیعی از ساعت ۹ الی ۱۰
- کلاس ۴ - بینایی کامپیوتر از ساعت ۹ الی ۱۰
- کلاس ۵ - یادگیری ماشین از ساعت ۹:۳۰ الی ۱۰:۳۰

و اساتید عبارتند از:

- استاد A که می‌تواند کلاس‌های ۳ و ۴ را تدریس کند.
- استاد B که می‌تواند کلاس‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ را تدریس کند.
- استاد C که می‌تواند همه‌ی کلاس‌ها را تدریس کند.

الف) این مسئله را در قالب یک مسئله‌ی ارضای محدودیت به‌گونه‌ای فرموله کنید که برای هر کلاس یک متغیر وجود داشته باشد و دامنه و محدودیت‌های آن‌ها را ذکر کنید.

ب) گراف محدودیت این مسئله‌ی ارضای محدودیت را رسم کنید.

پ) دامنه‌ی متغیرها را بعد از اعمال سازگاری arc روی این گراف نشان دهید. (بعد از حذف کردن محدودیت‌های یکانی)

ت) یک راه‌حل برای این CSP ارائه دهید.

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

ج) تحقیق کنید که برای تبدیل این‌گونه مسائل با ساختار نیمه‌درخت به درخت چه روش استاندارد وجود دارد.

۲- مسئله‌ی ارضای محدودیت زیر یک مسئله‌ی ساده شده‌ی سودکو در یک ماتریس  $4 \times 4$  است. هدف پر کردن هر خانه از این جدول با اعداد ۱ تا ۴ است به طوری که هیچ عددی روی یک سطر یا ستون یکسان تکرار نشود. برای سادگی بیشتر بعضی از خانه‌های جدول پر شده‌اند. در بقیه‌ی خانه‌ها با حروف انگلیسی نام‌گذاری شده‌اند. این حروف متغیرهای این مسئله‌ی ارضای محدودیت هستند. دامنه و محدودیت این متغیرها را به دست آورید.

۲	A	۳	B
۴	C	۱	۲
۱	D	E	F
۳	G	۴	۱

با فرض این که شما یک عامل هستید که الگوریتم‌های ارضای محدودیت را اجرا می‌کنید به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) جدول زیر را کامل کنید (بعضی مقادیر به عنوان راهنمایی از قبل وارد شده‌اند).

متغیر	A	B	C	D	E	F	G
مقادیر باقیمانده	۱،۴			۲،۳،۴			
دارای محدودیت	۴			۵			
با # متغیر دیگر							

ب) با استفاده از هیوریستیک MRV متغیری(هایی) که مسئله‌ی جست‌وجوی ارضای محدودیت در مرحله‌ی بعد انتخاب می‌کند را مشخص کنید.

پ) اگر از هیوریستیک درجه استفاده کنیم چه متغیری(هایی) انتخاب می‌شود؟

ت) اگر از مقادیر مجاز زیر شروع و از بررسی پیش‌رو<sup>۱</sup> استفاده کنیم تا محدودیت‌ها را انتشار دهیم. در هر زمان، انتشار فقط یک محدودیت را در یک سطر جداگانه به صورت منظم نشان دهید تا وقتی که محدودیت دیگری نتواند انتشار پیدا کند. یک مثال در سطر سوم آورده شده است. ممکن است به همه‌ی سطرها‌ی خالی نیاز پیدا نکنید.

انتشار محدودیت	A	B	C	D	E	F	G
مقادیر ممکن	۱،۴	۴	۳	۲،۳،۴	۲	۳،۴	۲
محدودیت بین: A و B	۱	۴	۳	۲،۳،۴	۲	۳،۴	۲
محدودیت بین:							
محدودیت بین:							
محدودیت بین:							

۳- یک دانشگاه می‌خواهد یک مقطع تحصیلی جدید ارائه کند. فرض کنید در این مقطع دروس ارائه شده به صورت جدول زیر باشد:

کد	نام درس
۱	ساختمان داده‌ها
۲	مبانی کامپیوتر
۳	هوش مصنوعی
۴	یادگیری ماشین
۵	منطق و محاسبات
۶	نظریه‌ی گراف
۷	آمار
۸	رفتار سازمانی
۹	نظریه‌ی اطلاعات

به منظور فارغ‌التحصیل شدن از این مقطع باید پیش‌نیازهای زیر برآورده شده باشند:

- پیش‌نیازهای الگوریتم: (۱ و ۲) یا (۱ و ۳) یا (۴ و ۶)
- پیش‌نیازهای یادگیری ماشین: ۳ یا ۴ یا ۵
- پیش‌نیازهای ارتباطات: ۶ یا ۷ یا ۸
- پیش‌نیازهای نظریه‌ی اطلاعات: ۳ یا ۹

همچنین دانشکده محدودیت‌های زیر را برقرار کرده است:

- دانشجویان باید از دروس ۳، ۴ و ۹ یکی را اخذ کنند.
- دانشجویان نمی‌توانند همزمان دو درس ۱ و ۷ را با هم اخذ نمایند.
- دانشجویان نمی‌توانند همزمان دو درس ۶ و ۸ را با هم اخذ نمایند.

به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) یک مسئله‌ی ارضای محدودیت را برای فارغ‌التحصیلی دانشجویی که هنوز هیچ کدام از دروس مشخص شده را نگذرانده فرموله کنید. پیش‌نیازها را به عنوان متغیرهای مسئله در نظر بگیرید. دامنه‌ی هر متغیر را مشخص کنید.

ب) یک درخت را با الگوریتم DFS عقبگرد<sup>۱</sup>کننده برای پیدا کردن مجموعه کلاس‌هایی که پیش‌نیازها را - با همان ترتیب گفته شده - می‌گذرانند رسم کنید. در این درخت باید ترتیب مقادیری استفاده شود که کمترین تعداد درس در دامنه‌ی یک متغیر باقی بماند. همچنین مشخص کنید کدام محدودیت‌ها نقض می‌شوند موقعی که درخت نیاز دارد که عقبگرد انجام دهد. (نوشتن کلاس‌ها و درخت الزامی است).

پ) فرض کنید دانشجویی درس ۹ را برای گذراندن پیش‌نیاز نظریه‌ی اطلاعات و درس ۱ را برای گذراندن پیش‌نیاز الگوریتم اخذ کرده است. با استفاده از انتشار محدودیت، بقیه‌ی کلاس‌هایی که او باید برای فارغ‌التحصیلی بگذراند را مشخص کنید. همچنین

مشخص کنید کلاس‌ها کدام پیش‌نیازها را می‌گذرانند. آیا می‌توانید زمانبندی‌ای مشخص کنید که تمامی محدودیت‌ها را بدون استفاده از جست‌وجو ارضا کند؟

۴- MiniZinc یک نرم‌افزار رایگان و متن‌باز برای توصیف مسائل ارضای محدودیت است. پس از آنکه مسئله در بستر MiniZinc توصیف شد، نرم‌افزار آن‌را در اختیار سالور<sup>۱</sup>هایی که به آن متصل هستند قرار می‌دهد، و پس از حل شدن مسئله توسط سالور، جواب آن در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. MiniZinc را می‌توان به صورت رایگان از آدرس [minizinc.org](http://minizinc.org) دانلود کرد. مثال‌های بسیار زیادی از بکارگیری MiniZinc برای حل مسائل ارضا/پهینه‌سازی محدودیت روی GitHub موجود است ([github.com/MiniZinc/minizinc-examples](https://github.com/MiniZinc/minizinc-examples)). سه مسئله فوق را در بستر MiniZinc توصیف کنید، و بررسی کنید که آیا جواب‌های شما با جواب‌های حاصل از MiniZinc همخوانی دارد یا نه؟ شما باید برای هر مسئله یک فایل با پسوند mzn که دربردارنده توصیف آن مسئله است تحویل دهید.

**تذکر:** لطفاً به موارد زیر توجه فرمائید:

- فایلی که در سامانه‌ی lms آپلود می‌کنید باید یک فایل zip حاوی جواب سوالات ۱ تا ۴ به صورت pdf - برای سوال ۴ باید خروجی نرم‌افزار MiniZinc نشان داده و با جواب سوال‌های ۱ تا ۳ مقایسه شود - و ۳ فایل توصیف مسائل ۱ تا ۳ در نرم‌افزار MiniZinc با پسوند mzn باشد.
- نام و نام خانوادگی و شماره‌ی دانشجویی خود را در نام فایل zip بنویسید.
- به تکالیف مشابه نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.
- فقط به تکالیف آپلود شده در سامانه نمره‌دهی خواهد شد. به هیچ وجه تکلیف خود را ایمیل نکنید.
- بارم‌بندی سوالات تمرین به صورت زیر است:

سوال	نمره
۱	۱۸
۲	۲۰
۳	۲۰
۴	۴۲
جمع	۱۰۰

موفق باشید.