



هوش مصنوعی

نیم سال دوم ۹۷-۹۸

استاد: دکتر سلیمانی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

مهلت ارسال تمرین: ۲۶ اسفندماه

تمرین دوم (۹۰ نمره)

تمرین های نظری

سوال اول (۱۰ نمره)

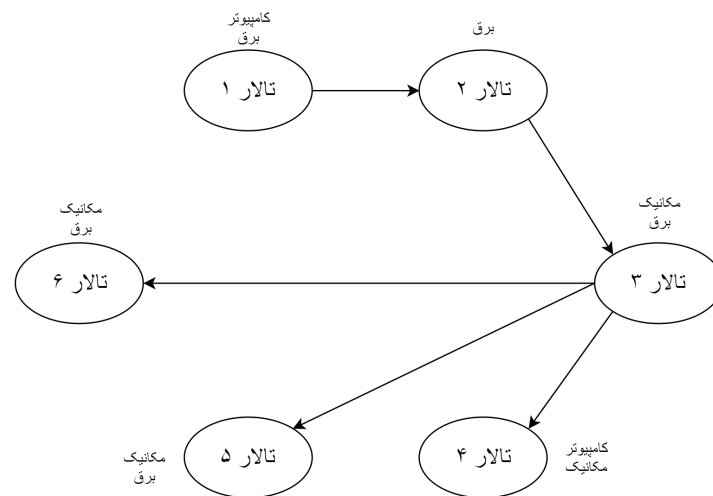
به سوالات زیر پاسخ کوتاه دهید.

۱. در الگوریتم simulated annealing اگر $T = 0$ در نظر بگیریم، الگوریتم مشابه کدام الگوریتم می شود؟ اگر $T = \infty$ بگیریم چطور؟ (۲ نمره)
۲. بنظر شما در چه زمانی الگوریتم simulated annealing نسبت به hill climbing برتری دارد؟ (۲ نمره)
۳. آیا می توان hill climbing را برای مسئله در حالت پیوسته استفاده کرد؟ (۲ نمره)
۴. در الگوریتم local beam search اگر با یک state شروع کنیم و پس از آن، k را برابر ∞ بگیریم، الگوریتم تقریباً مشابه کدام الگوریتم جستجو می شود؟ (۲ نمره)
۵. هنگامی که arc consistency را روی مسئله CSP اعمال می کنیم، آیا مجموعه مقادیری که باقی می ماند به ترتیب arc هایی که اعمال شده اند، وابسته است؟ (۲ نمره)

سوال دوم (۱۵ نمره)

دردسر ریاضی ۲: مسئولان آموزش برای امتحان پایان ترم ریاضی ۲ قصد دارند که ۶ تالار را استفاده کنند و دانشجویان سه رشته کامپیوتر، برق و مکانیک را در این ۶ تالار قرار دهند. در این راه، محدودیت هایی وجود دارد. محدودیت اول این است که دانشجویان هر رشته فقط در تالارهای خاصی احساس راحتی می کنند و همچنین، چشم دیدن همدیگر را ندارند و دوست ندارند که باهم در یک تالار باشند. مسئولان آموزش هم که خیلی به راحتی دانشجویان اهمیت می دهند، تصمیم گرفتند که طبق میل دانشجویان عمل کنند. بنابراین هر تالار فقط باید به یک رشته داده شود. اما دردسر به اینجا ختم نمی شود. درهای خروجی بعضی از تالارها خراب شده است و مسئولان مسیرهایی را تعبیه کرده اند که دانشجویانی که درب تالارشان خراب است، بتوانند خارج شوند. شکل کامل مسیرها در گراف پایین آمده است. بطور مثال، درب تالار ۱ خراب است و دانشجویان تالار ۱، مجبورند که از تالار ۲ رد شده و از آن خارج شوند. مسئولان در

کنار احترام به نظر دانشجو، می‌خواهد که از تقلب نیز جلوگیری کند. بنابراین تالارهایی که با یک یال مستقیم به هم وصل شده‌اند، نمی‌توانند از یک رشته باشند.



شکل ۱: گراف مسیرهای بین تالارها. هر دو تالاری که با یک یال مستقیم به هم وصل شده‌اند، نمی‌توانند از یک رشته باشند. بطور مثال، تالار ۱ و ۲ نمی‌توانند از یک رشته باشند اما تالار ۱ و ۳ که با یال مستقیم به هم متصل نیستند می‌توانند برای یک رشته باشند. رشته‌هایی که با هر کدام از تالارها راحت هستند، در کنار تالارها نوشته شده‌است.

۱. تالار ۵ را به دانشجویان کامپیوتر بدهید و arc consistency را اعمال کنید تا مقادیر جدید برای هر تالار را بیابید. (۵ نمره)

۲. حال یک ترتیب مناسب برای مقداردهی به متغیرها با توجه به روش‌هایی که در کلاس یاد گرفتید، ارائه دهید. استدلال‌های خود را بنویسید. (۴ نمره)

۳. اگر در گراف CSP متناظر با این مسئله که درخت است، arc های از ریشه به برگ consistent باشند و حداقل یک جواب موجود باشد، آیا با شروع مقداردهی از ریشه، الزاماً بدون backtrack به یک جواب درست می‌رسیم؟ چرا؟ (۲ نمره)

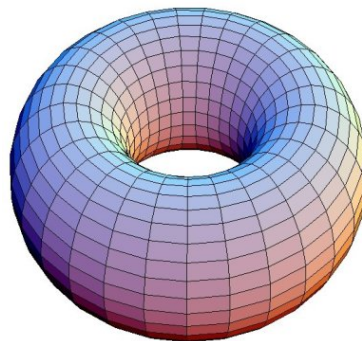
۴. در مسئله CSP با n متغیر و d دامنه، پیچیدگی محاسبه حل مسئله را در حالت گراف قویا همبند (fully connected) و در حالت گراف درخت محاسبه کنید. (۴ نمره)

تمرین‌های عملی

دوناتیان (۶۵ نمره)

دوناتیان دسته‌ای از آدم فضایی‌ها هستند که روی سیاره‌هایی دونات شکل ساکنند. سیاره فعلی آن‌ها دیگر قابل اسکان نبوده و لذا همگی تصمیم گرفته‌اند به دوناتی در ابر کیهانی دیگر مهاجرت کنند. دوناتیان خورشید ندارند و بخاطر همین همگی روی سیکلی یکسان از شب و روز قرارداد کرده‌اند، ۱۲ ساعت برای

همه شب است و ۱۲ ساعت بعدی برای همه روز! سرزمین‌های دונاتی خصلتی طبیعی دارند که هر ۱۲ ساعت یکبار پالسی در کل سرزمین می‌پیچد و براساس آن همه سیکل شبانه روزیشان را تنظیم کرده‌اند. دوناتیان برای رسیدن به سرزمین موعود، باید به ابعاد فضایی دیگری بروند و به همین خاطر، سیکل



شکل ۲: شکل یک سرزمین دوناتی. سطح آن به صورت مربعی تقسیم شده و هر مربع آن توسط یک فرد اشغال شده است.

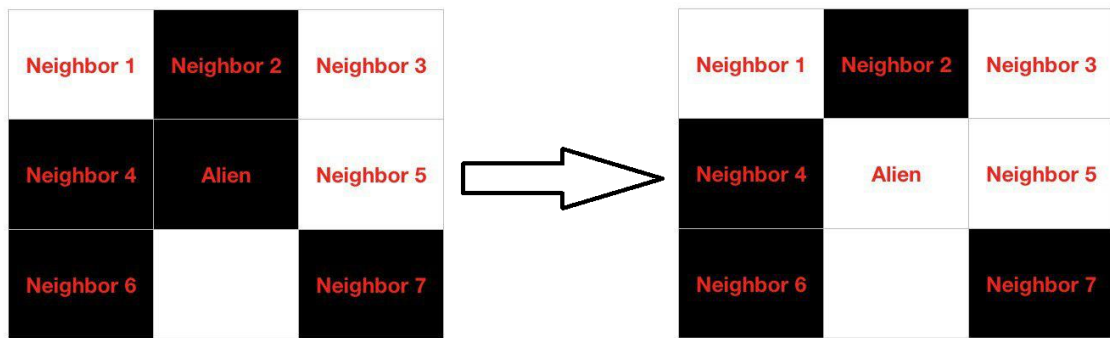
شب روزشان باهم متفاوت می‌شود. بصورتی که در مقصد، تعدادی نامشخص و رندم از آنها در روز بیولوژیکی‌شان به سر می‌برند و تعدادی در شب. اما باید هرچه زودتر سیکل شب و روز بیولوژیک همه یکی شود. در ابرکیهان جدید، قوانین فیزیکی جدیدی برقرار است که تکنولوژی ارتباطی فعلیشان با آن سازگار نیست به همین علت هر فرد فقط از همسایه‌های راسی خود مطلع است. همانطور که در شکل ۲ آمده است، سطح دونات به صورت مربع-مربع تقسیم شده است و در هر مربع، یک فرد زندگی می‌کند. برای هماهنگ کردن سیکل خواب و بیداریشان در سرزمین موعود، می‌خواهند قبل از مهاجرت، کتاب قانون یکسانی را بین خودشان تصویب کنند تا همه با اجرای آن، بعد از گذشت کمترین تعداد شبانه روز، به سیکل خواب و بیداری یکسانی برسند. این کتاب قانون، ۲۵۶ بند دارد. هر بند این کتاب، به صورت گزاره‌ی شرطی زیر بیان شده است:

$$(N_1, N_2, N_3, N_4, \text{current state}, N_5, N_6, N_7) \rightarrow \text{next state}$$

$$N_i, \text{current state}, \text{next state} \in \{0, 1\}$$

صفر به معنای خواب و یک به معنای بیداری است. همچنین N_i وضعیت خانه‌ی همسایه است. (دوناتیان در فرهنگشان خانه‌ی پشت سری خود را از لحاظ کلاس اجتماعی پایین تر از خود دانسته و به همین علت به آن‌ها توجهی ندارند. پس فقط هفت تا همسایه‌ی خود را در نظر می‌گیرند). همه‌ی 2^8 رشته‌ی ممکن قسمت شرط، در کتاب قانون دقیقاً یکبار آمده است و به یک next state صفر یا یک متاثر شده اند. با هربار پالس خوردن سطح دونات، همه‌ی آدم فضایی‌ها با توجه به بند بیانگر وضعیت خود و همسایه‌هایشان همزمان تغییر وضعیت می‌دهند. در شکل ۳ یک مثال برای تغییر حالت alien بر اساس بند مربوط در قانون آمده است.

شما باید به وسیله‌ی الگوریتم ژنتیک، کتاب قانونی بدست آورید که با شروع از حالت‌های ابتدایی نامنظم و مختلف، هرچه سریعتر سیکل خواب و بیداری جامعه‌ی دوناتیان را یکی کند.



شکل ۳: تغییر وضعیت alien بر اساس بند ۱ $\rightarrow (1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0)$

۱.۰ توضیحات کد

یک کد آماده در اختیار شما قرار گرفته است. در این کد، یک کلاس به نام Society آمده است. در constructor این کلاس، سه ورودی گرفته می‌شود.

۱. init()

(آ) law book یک دیکشنری با ۲۵۶ کلید است که هرکلید و مقدار متناظرش، یک بند قانون است. کلیدها از جنس tuple به طول هشت از صفر و یک هستند. مقدار متناظر هر کلید، یک عدد از $\{0, 1\}$ است. اگر این ورودی داده نشود، یک کتاب قانون رندم ساخته می‌شود.

(ب) initial state یک ماتریس numpy دوبعدی از اعداد $\{0, 1\}$ است که بیانگر وضعیت اولیه رسیدن دوناتیان به سرزمین جدیدشان است. در صورتی که به عنوان ورودی داده نشود، رندم مقداردهی می‌شود.

(ج) size یک tuple به طول ۲ است که ابعاد ماتریس state را مشخص می‌کند. در صورتی که initial state ورودی داده شده باشد، این مقدار در نظر گرفته نمی‌شود.

۲. state

یک attribute از کلاس Society است که در ابتدا با initial state مقداردهی می‌شود. شکل هندسی سرزمین یک دونات مربع بندی شده است که هرمربع آن یا خواب (۰) یا بیدار (۱) است، برای ذخیره سازی فرم باز شده و تخت، آن را به شکل یک ماتریس دوبعدی از جنس numpy ذخیره می‌شود.

۳. restart state()

state کنونی را به یک state رندم تغییر می‌دهد. آرگومان ورودی p مشخص می‌کند که هردرایی state با احتمال p مقدارش ۱ و با احتمال $1-p$ مقدارش صفر باشد.

۴. compute next state()

به تعداد آرگومان ورودی step count تا مرحله اجرای کتاب قانون را در جامعه شبیه سازی می‌کند. با هربار انجام این کار، همه ی خانه های سرزمین، به صورت همزمان با توجه به وضعیت همسایه‌هایشان و خودشان، بند مربوطه از کتاب قانون را یکبار اجرا می‌کنند و تغییر وضعیت می‌دهند.

۵. base convert()

عدد number که در مبنای ۱۰ است را به مبنای base برده و به صورت یک tuple به طول length برمی‌گرداند.

۶. save law book() law book را به اسم فایل file name در پوشه‌ی folder name ذخیره می‌کند.

۷. load law book() law book فایل به اسم file name در پوشه‌ی folder name را به عنوان law book لود می‌کند و خروجی می‌دهد.

۸. visualize() جامعه را step count بار شبیه سازی می‌کند و به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد. برای سهولت نمایش، دونات از دو طرف باز شده و به صورت مسطح نشان داده می‌شود.

۲.۰ خواسته ها

۱. یافتن کتاب قانونی برای خواب و بیداری با استفاده از الگوریتم ژنتیک (۵۰ نمره)

با استفاده از الگوریتم ژنتیک یک کتاب قانون مناسب برای دوناتیان بسازید. الگوریتم ژنتیک تان ۱۵ دقیقه برای اجرا فرصت دارد. همانطور که گفته شد، هدف پیدا کردن کتاب قانونی است که

(آ) بعد از تعدادی مرحله، جامعه به حالتی برسد که در یک لحظه، خانه ها باهم روشن و در لحظه‌ی بعد همه خاموش باشند و این سیکل به همین شکل ادامه داشته باشد.

(ب) جامعه با initial state رندم، هرچه زودتر به این سیکل واحد خاموش روشنی برسد

(ج) این الگوریتم باید روی دونات‌های بزرگ کارا باشد. مثلاً در دونات ۱۵۰ در ۱۵۰ انتظار می‌رود که پس از حدود ۵۰۰ مرحله اجرای قانون، سیکل خواب و بیداری کل جامعه یکی شود. (روی دونات های بزرگتر نیز بررسی می شود!)

توجه کنید که:

الگوریتم ژنتیک تان باید اجزا و مراحلش مشخص باشد؛ cross over و mutate و تابع fitness و ژن‌های تان همان بندهای قانون هستند. در گزارش درباره قسمت های الگوریتم ژنتیک تان توضیح دهید.

در الگوریتم تان اصلاً نباید از شرایط و اطلاعات مسئله استفاده شود و جست جو باید کاملاً uninformed صورت بگیرد. تخلف در این زمینه موجب سلب نمره ی این بخش می‌شود. کتاب قانون نهایی که بدست می‌آورید را ذخیره و آپلود کنید. این کتاب قانون باید از نظر کارایی شبیه نتایجی باشد که هنگام اجرای دوباره ی کد ژنتیک تان بدست می‌آید و اختلاف زیاد، موجب کسر نمره می‌شود. کلاس Society داده شده را تا حد ممکن تغییر ندهید و کدهای خواسته را هریک در تابع یا فایلی جدا بنویسید.

نمره دهی:

کتاب قانون های نهایی تان چندین بار بر روی دونات‌های بزرگ اجرا می‌شوند و بررسی می‌شود که چند تا از آن اجراها، به سیکل یگانه برای کل جامعه ختم شد، و اینکه به طور میانگین برای جامعه، چند مرحله طول کشید که به این وضعیت برسد. اینکه جامعه حتماً در نهایت (حتی دیر) به سیکل یگانه برسند و اقلیتی شکل نگیرد که تا ابد سیکلشان برعکس بقیه بماند، در اولویت است. سریع‌تر رسیدن به این وضعیت برای جنبه‌ی رقابتی سنجش نتایج تان است و افراد با نتایج بهتر، نمره ی بیشتری می‌گیرند.

همچنین اجزای مختلف الگوریتم تان مثل تابع fitness ای که تعریف می‌کنید هم بررسی می‌شود.

۲. روش hill climbing (۱۵ نمره)
با استفاده از روش hill climbing و همان زمان ۱۵ دقیقه، سعی کنید مسئله ی قسمت قبل را حل کنید. نتایج را مقایسه کنید و گزارش کنید.