

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی ترم بهار ۱۴۰۱

پروژه چهارم

مهلت تحویل ۴ تیر ۱۴۰۲ ساعت ۲۳:۵۹

مقدمه

پکمن روزهای خود را به فرار از دست روح‌ها می‌پردازد. اما طبق افسانه‌ها سال‌ها پیش پدر پدربزرگ پکمن گرندپک یاد گرفت تا روح‌ها را برای تفریح شکار کند. در این پروژه شما پکمنی را طراحی می‌کنید که از سنسورهایی برای مکان‌یابی و خوردن روح‌های نامرئی استفاده می‌کند. شما از مکان‌یابی یک روح ثابت شروع کرده و تا شکار گروه‌های روح در حال حرکت پیش می‌روید. ساختار پروژه بصورت زیر است و کلیه فایل‌های مورد نیاز در فایل زیپ موجود در سامانه کورسز خواهد بود:

فایل‌هایی که باید ویرایش کنید:	
عامل‌های بازی نسخه‌ی گوست‌باستر از پکمن	bustersAgents.py
کد مربوط به پیدا کردن روح‌ها با استفاده از صدای آن‌ها	inference.py
فایل‌هایی که نباید ویرایش کنید:	
ورودی اصلی به بازی گوست‌باستر (جایگزین pacman.py)	busters.py

عامل‌های روح جدید برای گوست‌باسترها	bustersGhostAgents.py
فاصله‌ی ماز را محاسبه می‌کند	distanceCalculator.py
کلاس‌های اصلی و کمکی به بازی پکمن	game.py
عامل‌های کنترل‌کننده روح‌ها	ghostAgents.py
گرافیک‌های پیاده‌سازی شده برای بازی پکمن	graphicsDisplay.py
پشتیبانی برای گرافیک بازی	graphicsUtils.py
رابط صفحه کلید برای کنترل پکمن	keyboardAgents.py
برنامه برای خواندن فایل‌های نقشه و ذخیره اطلاعات آن‌ها	layout.py
توابع کاربردی	util.py

آنچه باید انجام دهید:

شما باید بخش‌هایی از فایل `bustersAgents.py` و `inference.py` را تغییر دهید. لطفاً سایر بخش‌های پروژه را به هیچ عنوان تغییر ندهید.

توجه: پاسخ کامل به سوالات تشریحی و ارائه توضیحات کافی برای آن‌ها ضروری می‌باشد و بخش زیادی از نمره را تشکیل می‌دهد.

گوست باسترا!

در این پروژه هدف شکار روح‌های ترسیده اما نامرئی است. پکمن، نابینا است! اما مجهز به سونار (سیستم شنوایی) می‌باشد که می‌تواند فاصله منتهن از هر روح را بر اساس صدا ارائه دهد. بازی زمانی به پایان می‌رسد که پکمن تمام روح‌ها را خورده باشد. برای شروع، سعی کنید خودتان یک بازی را با استفاده از صفحه کلید انجام دهید.

```
python busters.py
```

با توجه به فاصله‌های ارائه شده به پکمن، بلوک‌های رنگی نشان می‌دهند که هر روح احتمالاً کجا می‌تواند باشد. فواصل بر اساس صدا (noisy distance) در پایین نمایشگر همیشه غیرمنفی و در بازه اختلاف ۷ تایی از فاصله واقعی هستند. احتمال یک فاصله با اختلاف آن از فاصله واقعی به طور تصاعدی کاهش می‌یابد.

وظیفه اصلی شما در این پروژه ردیابی روح‌ها است. برای بازی مبتنی بر صفحه‌کلید، یک مدل خام استنتاجی به‌طور پیش‌فرض برای شما پیاده‌سازی شده است: همه مربع‌هایی که احتمالاً یک روح در آن‌ها وجود دارد، با رنگ روح سایه زده شده است. ما می‌خواهیم تخمین بهتری از موقعیت روح داشته باشیم. در این راستا شبکه‌های بیزین^۱ ابزارهای قدرتمندی برای استفاده بهینه از اطلاعاتی که در اختیار داریم را ارائه می‌دهد. در طول این پروژه، شما الگوریتم‌هایی را برای انجام استنتاج دقیق (exact inference) و تقریبی (approximate inference) با استفاده از شبکه‌های بیز پیاده‌سازی خواهید کرد.

نکته مهم: برای این پروژه، گاهی اوقات ممکن است که autograder در صورت اجرای تست‌ها به همراه گرافیک، timeout کند. برای تعیین کارآمدی کد خود می‌توانید تست‌ها را با پرچم `--no-graphics` اجرا کنید. اگر autograder با این پرچم اجرا شود، حتی در صورت timeout امتیاز کامل دریافت خواهید کرد.

¹Bayes' Nets

(۱) احتمال مشاهده (دو امتیاز)

در این سوال شما متد `getObservationProb` را در کلاس پایه `InferenceModule` در `inference.py` پیاده سازی خواهید کرد. این متد یک مشاهده (`observation` فاصله تا روح، بدست آمده از صدای آن)، موقعیت پکمن، موقعیت روح، و موقعیت زندان روح را ورودی می گیرد و با توجه به موقعیت پکمن و روح، احتمال فاصله (`noisy distance`) را بر می گرداند. به عبارت دیگر، ما می خواهیم $P(\text{noisyDistance} \mid \text{pacmanPosition}, \text{ghostPosition})$ را محاسبه کنیم.

با توجه به فاصله واقعی پکمن تا روح، سنسور فاصله دارای توزیع احتمال (`probability distribution`) بر روی فاصله است. این توزیع توسط تابع `busters.getObservationProbability(noisyDistance, trueDistance)` مدل شده است که $P(\text{noisyDistance} \mid \text{trueDistance})$ را بر می گرداند. شما باید از این تابع برای حل سوال استفاده کنید و از تابع `manhattanDistance` در ماژول `util` ارائه شده برای پیدا کردن فاصله بین مکان پکمن و مکان روح استفاده کنید.

همچنین یک مورد خاص قرار گرفتن روح در زندان پس از شکار شدن وجود دارد که باید در نظر گرفته شود. به طور خاص، هنگامی که یک روح را شکار می کنیم و آن را به محل زندان می فرستیم، سنسور فاصله ما `None` را بر می گرداند. بنابراین، اگر موقعیت روح موقعیت زندان باشد، مشاهده `None` با احتمال ۱ و هر چیز دیگر با احتمال ۰ است. بالعکس، اگر فاصله گزارش شده `None` نباشد، روح با احتمال ۰ در زندان است. مطمئن شوید که این مورد خاص را در اجرای خود مدیریت می کنید.

برای تست کردن کد خود و اجرای `autograder` برای این سوال از دستور زیر استفاده کنید:

```
python autograder.py -q q1
```

ممکن است که اجرای `autograder` زمان زیادی طول بکشد تا جواب شما را ارزیابی شود.

۲) مشاهده استنتاج دقیق (سه امتیاز)

در این سوال، شما متد `observeUpdate` را در کلاس `ExactInference` از `inference.py` پیاده‌سازی می‌کنید تا با یک مشاهده از سنسورهای پکمن، توزیع باور (`belief distribution`) عامل بر روی موقعیت‌های روح‌ها را به‌درستی به‌روزرسانی کنید. با این کار باورها بر اساس شواهد جدید به‌روزرسانی می‌شوند. در این سوال، متد مشاهده (`observe`) باید، باور را در هر موقعیت روی نقشه پس از دریافت آنچه توسط سنسور حس شده است، به روز کند. باید به‌روزرسانی‌های خود را روی متغیر `self.allPositions` که شامل تمام موقعیت‌های مجاز به اضافه موقعیت ویژه زندان است، تکرار کنید. باورها نشان دهنده احتمال آن هستند که روح در یک مکان خاص باشد و به عنوان یک شی `DiscreteDistribution` و در فیلدی به نام `self.beliefs` ذخیره می‌شود که شما باید آن را بروز کنید.

قبل از نوشتن کد، معادله مسئله استنتاجی را که می‌خواهید حل کنید بنویسید. شما باید از تابع `self.getObservationProb` که در سوال قبل نوشتید استفاده کنید که احتمال یک مشاهده را با توجه به موقعیت پکمن، یک موقعیت بالقوه برای روح و موقعیت زندان برمی‌گرداند. شما می‌توانید موقعیت پکمن را با استفاده از `gameState.getPacmanPosition()` و موقعیت زندان را با استفاده از `self.getJailPosition()` بدست آورید. در صفحه نمایش بازی پکمن، `posterior belief`‌های با مقدار بالا به رنگ‌های روشن نشان داده می‌شوند، در حالی که `belief`‌های با مقدار پایین با رنگ‌های تیره‌تر نشان داده می‌شوند. شما باید با ابر بزرگی از `belief` شروع کنید که به مرور زمان با جمع شدن شواهد بیشتر کاهش می‌یابد.

برای تست کردن کد خود و اجرای `autograder` برای این سوال از دستور زیر استفاده کنید:

```
python autograder.py -q q۲
```

```
python autograder.py -q q۲ --no-graphics
```

سوال: چرا باید تابع `normalize` را در این بخش فراخوانی کنیم؟ لزوم استفاده از آن را شرح دهید.

سوال: توضیح دهید مقدار `beliefs` در گذر زمان چگونه تغییر می‌کند؟

۳) استنتاج دقیق با گذشت زمان (سه امتیاز)

در سوال قبلی شما به روز رسانی باور را برای پکمن بر اساس مشاهدات آن پیاده سازی کردید. خوشبختانه، مشاهدات پکمن تنها منبع دانش او در مورد جایی که یک روح ممکن است باشد نیست. پکمن همچنین در مورد راه هایی که یک روح ممکن است حرکت کند، آگاهی دارد. یعنی می داند که روح نمی تواند در یک مرحله زمانی از دیوار عبور کند یا بیش از یک قدم بردارد.

برای درک اینکه چرا این دانش برای پکمن مفید است، سناریوی زیر را در نظر بگیرید که در آن پکمن و یک روح وجود دارد. پکمن مشاهدات زیادی دریافت می کند که نشان می دهند روح بسیار نزدیک است، اما یکی از مشاهدات نشان می دهد که روح بسیار دور است. این مشاهده احتمالاً نتیجه یک سنسور خراب است. دانش قبلی پکمن از نحوه حرکت روح، تأثیر این مشاهده را کاهش می دهد زیرا پکمن می داند که روح نمی تواند تنها در یک حرکت تا این مقدار حرکت کرده باشد.

در این سوال شما متد `elapsedTime` در `ExactInference` را پیاده سازی خواهید کرد. در این مسئله، `elapsedTime` باید باور را در هر موقعیت روی نقشه پس از سپری شدن یک مرحله زمانی (`time step`) به روز کند. عامل شما از طریق `self.getPositionDistribution` به توزیع عمل (`action distribution`) برای روح دسترسی دارد. برای به دست آوردن توزیع بر روی موقعیت های جدید برای روح، با توجه به موقعیت قبلی آن، از این خط کد استفاده کنید:

```
newPosDist = self.getPositionDistribution(gameState, oldPos)
```

به طوری که `oldPos` به موقعیت قبلی روح اشاره دارد. `newPosDist` یک شی `DiscreteDistribution` است که برای هر موقعیت `p` در `self.allPositions`، احتمال آن که روح در زمان `t+1` در موقعیت `p` باشد به شرط آنکه در زمان `t` در موقعیت `oldPos` بوده است، از `newPosDist[p]` بدست می آید. این فراخوانی زمان بر است پس اگر با `timeout` مواجه می شوید، ممکن است تعداد فراخوانی های `self.getPositionDistribution` در کد شما بیش از حد باشد.

قبل از نوشتن کد، معادله مسئله استنتاجی را که می خواهید حل کنید بنویسید. برای اینکه پیاده سازی پیش بینی خود را جدا از پیاده سازی به روز رسانی در سوال قبلی آزمایش کنید، این سوال از اجرای به روز رسانی شما استفاده نمی کند.

از آنجایی که پکمن روح را به طور مستقیم مشاهده نمی کند، این بدان معناست که اعمال روح بر باورهای پکمن تأثیری نخواهد داشت. با گذشت زمان، باورهای پکمن منعکس کننده مکان هایی روی تخته خواهند شد که پکمن معتقد است که روح ها به احتمال زیاد در این موقعیت ها حضور دارند و آنچه که پکمن از قبل در مورد حرکات معتبر آنها می داند داده می شود.

برای تست کردن کد خود و اجرای autograder برای این سوال از دستور زیر استفاده کنید:

```
python autograder.py -q q۳
```

```
python autograder.py -q q۳ --no-graphics
```

همانطور که خروجی autograder را بررسی می کنید، به یاد داشته باشید که مربع های روشن تر نشان می دهند که پکمن باور دارد احتمال آنکه یک روح آن مکان را اشغال کند بیشتر است، و مربع های تیره تر نشان می دهد که به باور پکمن احتمال اشغال شدن آن خانه توسط روح کمتر است.

سوال: کاربرد کلاس DiscreteDistribution را به همراه متدهای آن توضیح دهید.

سوال: چگونه ساختار شبکه بیزین در پروژه وابستگی های بین متغیرها را نشان می دهد؟

۴) استنتاج دقیق با تست کامل (دو امتیاز) (بخش امتیازی)

اکنون که پکمن می‌داند چگونه از دانش قبلی و مشاهدات خود برای تشخیص اینکه یک روح کجاست استفاده کند، آماده است تا روح‌ها را به تنهایی شکار کند. این سوال از پیاده‌سازی `observeUpdate` و `elapsedTime` همراه با یک استراتژی شکار حریصانه استفاده می‌کند که برای این سوال شما این استراتژی را پیاده‌سازی خواهید کرد. در این استراتژی ساده حریصانه، پکمن مطابق با باور خود فرض می‌کند که هر روح در محتمل‌ترین موقعیت خود قرار دارد، سپس به سمت نزدیک‌ترین روح حرکت می‌کند. تا این مرحله، پکمن در واقع با انتخاب تصادفی یک عمل معتبر حرکت کرده است.

متد `chooseAction` را در `GreedyBustersAgent` در `bustersAgents.py` پیاده‌سازی کنید. عامل شما ابتدا باید محتمل‌ترین موقعیت هر روح دستگیر نشده را پیدا کند، سپس عملی را انتخاب کند که فاصله تا نزدیک‌ترین روح را به حداقل برساند.

برای یافتن فاصله بین هر دو موقعیت `pos۱` و `pos۲`، از `Self.distancer.getDistance(pos۱, pos۲)` استفاده کنید. برای یافتن موقعیت جانشین (successor) یک موقعیت پس از یک عمل از کد زیر استفاده کنید:

```
successorPosition = Actions.getSuccessor(position, action)
```

`livingGhostPositionDistributions` لیستی از اشیاء `DiscreteDistribution` است که توزیع باورهای موقعیت برای هر یک از روح‌هایی که هنوز دستگیر نشده‌اند را نشان می‌دهد.

در صورتی که پیاده‌سازی به درستی انجام شود، عامل شما باید بازی را در تست `q۴/۳-gameScoreTest` با امتیاز بیشتر از ۷۰۰ حداقل ۸ بار از ۱۰ بار برنده شود.

برای تست کردن کد خود و اجرای `autograder` برای این سوال از دستور زیر استفاده کنید:

```
python autograder.py -q q۴
```

```
python autograder.py -q q۴ --no-graphics
```


توضیحات تکمیلی

- نسخه اصلی پروژه را می‌توانید [اینجا](#) مشاهده کنید. تنها پیاده‌سازی مواردی که در متن پروژه‌ی در اختیار شما قرار گرفته نیاز است.
- پاسخ به تمرین‌ها باید به صورت فردی انجام شود. در صورت استفاده مستقیم از کدهای موجود در اینترنت و مشاهده تقلب، برای همه‌ی افراد نمره صفر لحاظ خواهد شد.
- فایل **inference.py** و **bustersAgent.py** به همراه پاسخ خود به سوالات که در فایل به شکل [سوال](#) مشخص شده‌اند را در قالب یک فایل فشرده با فرمت **AI_P3_StdNum.zip** در سامانه کورسز آپلود کنید.
- در صورت هرگونه سوال یا ابهام از طریق ایمیل aispring1401@gmail.com با تدریس‌یاران در تماس باشید، همچنین خواهشمند است در متن ایمیل به شماره دانشجویی خود اشاره کنید.
- همچنین می‌توانید از طریق تلگرام نیز با آیدی‌های زیر در تماس باشید و سوالاتتان را مطرح کنید:
 - [Mah_rahmani@](#)
 - [AliAsad.59@](#)
 - [Hasti_Jalali@](#)
 - [Farshid_Nooshi@](#)
- برای این پروژه از تمامی دانشجویان تحویل آنلاین گرفته خواهد شد لذا تسلط کافی به سورس‌کد برنامه ضروری است.
- ددلاین این پروژه **۴ تیر ۱۴۰۲ ساعت ۲۳:۵۹** است و امکان ارسال با تاخیر وجود ندارد، بنابراین بهتر است انجام پروژه را به روزهای پایانی موکول نکنید.