به نام خدا

دانشکده مهندسی کامپیوتر

مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی ترم پاییز ۱۴۰۲

پروژه دوم

مهلت تحویل ۱۲ آذر ۱۴۰۲

مقدمه

در این پروژه عاملی را برای بازی رولیت طراحی خواهید کرد که علاوه بر بازی ۲ نفره، بازی ۴ نفره را نیز پشتیبانی می‌کند. در این مسیر عوامل جستجوی مینیماکس[1] و مینیماکس احتمالی[2] را پیاده‌سازی خواهید کرد، با هرس آلفا-بتا آشنا خواهید شد و تابع ارزیابی[3] طراحی خواهید کرد.

ساختار پروژه بصورت زیر است و کلیه فایل‌های مورد نیاز در فایل زیپ موجود در سامانه کورسز خواهد بود:

فایل‌هایی که باید ویرایش کنید:	
multiAgents.py	شامل تمامی عامل های جستجوی چند عاملی می باشد.
فایل‌هایی که شاید بخواهید آن‌ها را ببینید:	
Game.py	فایل اصلی که بازی‌های رولیت را اجرا می‌کند. این فایل حاوی GameStateData، GameState است که داده‌های هر بازی را نگه‌داری می‌کند و همچنین Game که بازی به وسیله آن اجرا می‌شود.

[1] Minimax
[2] Expectimax
[3] Evaluation Function

Agents.py	این فایل حاوی کلاس پایه Agent است وهمراه با آن، عامل‌هایی که می‌توانید برای خود انتخاب کنید مانند MouseAgent و KeyboardAgent نیز در آن قرار گرفته‌اند.
rollit.py	پارسری در این فایل تعریف شده‌است که دستورات شما را تعبیر و سپس یک نمونه از بازی را راه‌اندازی می‌کند. با مراجعه به این پارسر می‌توانید انواع دستورات مختلفی که می‌توانید استفاده کنید را مشاهده کنید.
فایل‌هایی که می‌توانید آن‌ها را رد کنید:	
Display.py	گرافیک‌های پیاده‌سازی شده برای بازی پکمن
Util.py	توابع کمکی استفاده شده در قسمت‌های مختلف
images/.	پوشه دربردارنده اسپرایت‌های استفاده شده برای کاراکترها

آنچه باید انجام دهید:

ابتدا باید کد پایه پروژه را از مخزن **https://github.com/AUT-AI-Fall-2023/Project-2.git** دریافت کنید.

شما باید بخش هایی از فایل `multiAgents.py` را تغییر دهید.

توجه ۱: لطفا سایر بخش های پروژه را به هیچ عنوان تغییر ندهید.

توجه ۲: برای بازی ۲ نفره عمق جستجوی عوامل را بیشتر از ۲ و برای بازی ۴ نفره بیشتر از ۱ انتخاب نکنید زیرا به جهت بزرگ بودن فضای جستجو، نیاز به زمان زیاد و توان پردازشی بالایی برای اجرای کامل دارد.

به رولیت چند عاملی خوش آمدید!

می‌توانید بازی را با فرمان زیر اجرا کنید:

```
python rollit.py -a MouseAgent
```

با اجرای این فرمان شما می‌توانید به وسیله کلیک کردن بر روی نقاط مختلف روی صفحه، مهره خود را آنجا قرار داده و به این وسیله با یک عامل از پیش تعریف شده، بازی کنید. همچنین می‌توانید با اضافه کردن فلگ `-n` تعداد بازیکنان را به ۴ تغییر دهید.

حال `ReflexAgent` از فایل `multiAgents.py` را به عنوان عامل بازی انتخاب کنید:

```
Python rollit.py -a ReflexAgent
```

مشاهده خواهید کرد که عامل به خوبی بازی نمی کند. همچنین برای تغییر به حالت بدون گرافیک می‌توانید توسط فلگ `-ds` گزینه `minimal` را انتخاب کنید.

کد `ReflexAgent` را در فایل `multiAgent.py` بررسی کنید تا متوجه شوید این تابع چگونه برای ارزیابی میزان مطلوب بودن یک عمل، از حالت فعلی و عمل انتخاب شده استفاده می‌کند.

سوال ۱: به نظر شما چرا این عامل در بازی اکثر اوقات شکست می‌خورد؟

۱) مینیماکس (۵ امتیاز)

در این سوال باید کلاس `MinimaxAgent` را کامل کنید. عامل شما باید به ازای هر تعداد حریف درست عمل کند که برای این کار باید به ازای هر حریف یک لایه `min` و به ازای عامل خود تنها یک لایه `max` در هر سطح درخت مینیماکس خود داشته باشید.

همچنین درخت مینیماکس شما باید تا عمق دلخواه گسترش یابد تا در آخرین سطح به برگ ها برسد. برگ‌ها باید به وسیله تابع مناسب ارزیابی شوند. به این منظور کلاس `MinimaxAgent` طوری در نظر گرفته شده است که از `MultiAgentSearchAgent` ارث می‌برد و به این واسطه دو ویژگی `depth` و `evaluationFunction` را در خود دارد که از `depth` باید برای بررسی رسیدن به عمق دلخواه و از `evaluationFunction` برای ارزیابی برگ‌ها استفاده کنید. این تابع ارزیابی به طور پیش فرض `scoreEvaluationFunction` است که می‌توانید در همان فایل `multiAgents.py` آن را مشاهده کنید. توجه کنید که نیازی به اعمال تغییر در تابع ارزیابی نیست.

نکات و راهنمایی‌ها:

- با پیاده‌سازی صحیح مینیماکس همچنان عامل بعضی بازی‌ها را می بازد که این امر طبیعی است.
- برای بررسی عملکرد مینیماکس می توانید از دستور زیر استفاده کنید:

```
python rollit.py -q q1
```

- همچنین می‌توانید به وسیله فرمان زیر همین آزمایش را انجام دهید و در صورت نیاز، تغیراتی در عمق بررسی عامل خود نیز بدهید:

```
python rollit.py -a MinimaxAgent -d 2 -ea PartiallyRandomAgent -ds minimal
```

- برای مشاهده چگونگی عملکرد عامل، می‌توانید از `console` یا `graphic` برای فلگ `-ds` استفاده کنید.
- عامل شما همواره عامل با اندیس صفر می‌باشد و عامل‌های مختلف بر اساس افزایش اندیس باید حرکت کنند، یعنی ابتدا عامل شما و سپس حریفان شما.
- این موضوع را در طراحی مینیماکس در نظر داشته باشید که تمام وضعیت‌های بازی باید از جنس `GameState` باشند چه به صورت ورودی به تابع `getLegalActions` و یا خروجی از `gameState.generateSuccessor`.

۲) هرس آلفا-بتا (۵ امتیاز)

در این سوال باید با اضافه کردن هرس آلفا-بتا، پیمایش درخت مینیماکس را ارتقا دهید. برای این کار کلاس `AlphaBetaAgent` را تکمیل کنید. توجه داشته باشید که همچنان به ازای هر گره `max` که برای عامل خود در نظر می‌گیرید، باید به تعداد حریفان گره `min` قرار دهید.

در نتیجه‌ی این ارتقا باید شاهد افزایش سرعت الگوریتم باشید. این موضوع را میتوانید با اجرای دستور زیر در عمق ۲ و مقایسه آن با عملکرد عامل `MinimaxAgent` در عمق ۲ مشاهده کنید. انتظار می‌رود عامل `AlphaBetaAgent` بسیار سریع‌تر به نتیجه برسد.

```
Python rollit.py -q q2
```

```
python rollit.py -a AlphaBetaAgent -d 2 -ea PartiallyRandomAgent -ds minimal
```

نکات و راهنمایی‌ها:

- با وجود آنکه نتیجه بدست آمده در ریشه درخت و همچنین مقادیر محاسبه شده توسط تابع ارزیابی در برگ‌ها در هر دو درخت یکسان است، با این حال به علت انجام هرس مشاهده خواهد شد که برخی گره‌های میانی مقادیری متفاوت دارند.

- می‌توانید برای پیاده‌سازی از سودوکد زیر استفاده نمایید.

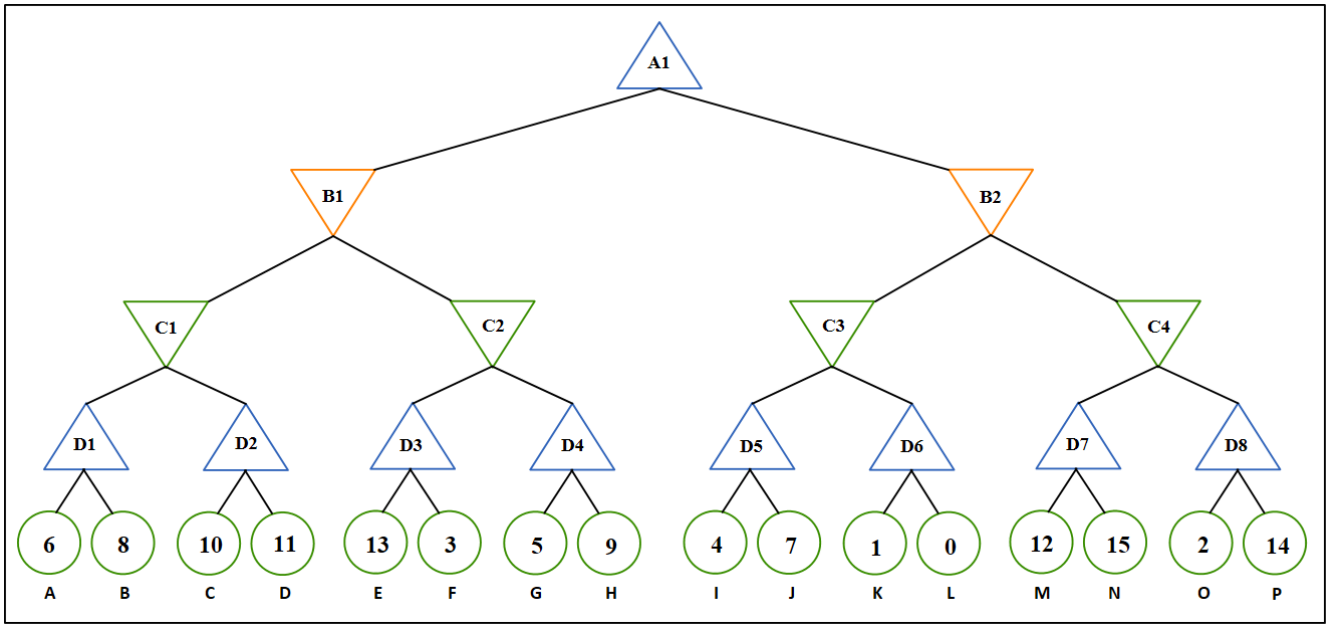
Alpha-Beta Implementation

α: MAX's best option on path to root
β: MIN's best option on path to root

```
def max-value(state, α, β):
    initialize v = -∞
    for each successor of state:
        v = max(v, value(successor, α, β))
        if v > β return v
        α = max(α, v)
    return v
```

```
def min-value(state , α, β):
    initialize v = +∞
    for each successor of state:
        v = min(v, value(successor, α, β))
        if v < α return v
        β = min(β, v)
    return v
```

سوال۲ : فرض کنید درخت زیر یکی از تست‌های داده‌شده به الگوریتم هرس آلفا-بتای شماست. گره‌های مربوط به عامل شما با مثلث آبی و گره‌های دو حریف شما با مثلث برعکس نارنجی رنگ و سبز رنگ نمایش داده شده‌اند. دایره‌ها نیز برگ‌های درخت هستند که حالت‌های A تا P را در آنها ارزیابی کرده و ارزش آنها را داخل این دایره‌ها نوشته‌ایم. الگوریتم مینیماکس خود به همراه هرس آلفا-بتا را برای این درخت اجرا کنید و مشخص کنید که کدام گره‌ها هرس می‌شوند و به چه دلیل. همچنین در پایان مشخص کنید که عامل شما در گره A1 کدام عمل را انتخاب می‌کند (آنکه منتهی به B1 است یا B2 ؟).



۳) مینیماکس احتمالی (۵ امتیاز)

در مینیماکس و هرس آلفا-بتا فرض می‌شود حریف بهینه‌ترین انتخاب‌ها را انجام می‌دهد در حالیکه در واقعیت این‌گونه نیست و مدل‌سازی احتمالی عاملی که انتخاب‌های غیربهینه دارد، ممکن است با نتیجه‌ی بهتری برای ما همراه باشد. عوامل تصادفی حریف نیز انتخاب‌های بهینه ندارند و بدین ترتیب مدل‌سازی آن‌ها با جستجوی مینیماکس، ممکن است نتیجه‌ی بهینه‌ای نداشته باشد. روش مینیماکس احتمالی به جای در نظر گرفتن کوچک‌ترین حرکات حریف، مدلی از احتمال حرکات را در نظر می‌گیرد پس برای ساده‌سازی مدل احتمالی، فرض کنید عامل حریف حرکات خود را از بین حرکات مجازشان به صورت یکنواخت و تصادفی انتخاب می‌کنند.

در این سوال باید تغییرات لازم را در کلاس `ExpectimaxAgent` اعمال کنید. همچنین برای مشاهده عملکرد عامل خود می‌توانید از دستور زیر استفاده کنید:

```
python rollit.py -q q3
```

```
python rollit.py -a ExpectimaxAgent -d 2 -ea PartiallyRandomAgent -ds
minimal
```

سوال ۳: چه تفاوتی در عملکرد عامل خود نسبت به عامل `AlphaBetaAgent` احساس می‌کنید؟ درباره آن توضیح دهید. می‌توانید از فلگ `-ea` برای تعین عامل حریف خود استفاده کنید و مشاهدات خود را برای عامل `MysteriousAgent` تکرار کنید. همچنین با `-ed` میتوانید عمق جستجوی عامل حریف خود را نیز انتخاب کنید.

۴) تابع ارزیابی (۵ امتیاز)

یک تابع ارزیابی بهتر برای پکمن در `betterEvaluationFunction` بنویسید. این تابع ارزیابی برخلاف آنچه که `ReflexAgent` استفاده می‌کرد، تنها حالت را ارزیابی می‌کند و نه جفت حالت و عمل.

همراه دستور پروژه، یک مقاله نیز برای شما قرار گرفته است که به طراحی و بررسی چند مدل تابع ارزیابی برای بازی اوتلو پرداخته است.(An analysis of heuristics in othello 2015)

این مقاله به توضیح چهار هیوریستیک مختلف برای حالت دو نفره بازی رولیت پرداخته است. این چهار هیوریستیک عبارتند از `parity`، `corners`، `mobility` و `stability`. از شما خواسته شده‌است که این چهار هیوریستیک را پیاده‌سازی کنید. برخلاف سه هیوریستیک اول که تعریف همواره مشخصی دارند، برای طراحی هیوریستیک `stability` آزادی عمل دارید به همین خاطر سعی کنید از خلاقیت خود استفاده کنید. پس از طراحی این توابع، می‌توانید به صورت نظام‌مند به جستجوی وزن‌دهی مناسب برای آنها بپردازید تا سرانجام با ترکیب وزن‌دار آنها، به یک تابع ارزیابی مناسب دست پیدا کنید.

با اجرای فرمان‌های زیر می‌توانید تابع ارزیابی طراحی شده خود را بیازمایید.

```
python rollit.py -q q4
```

```
python rollit.py -a AlphaBetaAgent -d 2 -ea PartiallyRandomAgent -fn
betterEvaluationFunction -ds minimal
```