

به نام خدا



دانشکده مهندسی کامپیوتر

مبانی و کاربردهای هوش مصنوعی ترم بهار ۱۴۰۲

## پروژه اول

مهلت تحویل ۲۷ اسفند ۱۴۰۱ ساعت ۲۳:۵۹

### مقدمه

در این پروژه، عامل پکمن<sup>۱</sup> مسیر خود را در مارپیچ به صورت بهینه برای رسیدن به یک مکان خاص و جمع‌آوری غذا پیدا می‌کند. شما الگوریتم‌های جستجوی کلی را پیاده‌سازی می‌کنید و آن‌ها را در سناریوهای بازی پکمن بکار می‌برید.

برای دیباگ و تست الگوریتم‌های خود می‌توانید دستور زیر را اجرا کنید و جزئیات آن را ببینید:

```
python autograder.py
```

---

<sup>1</sup> Pacman

ساختار پروژه بصورت زیر است و کلیه فایل‌ها در قالب یک فایل زیپ از سامانه کورسز قابل دریافت خواهد بود:

فایل‌هایی که باید ویرایش کنید:	
search.py	فایلی که همه الگوریتم‌های جستجوی شما در آن قرار می‌گیرند.
searchAgents.py	فایلی که همه عامل‌های جستجو در آن قرار می‌گیرند.
util.py	ساختمان داده‌های مفید برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های جستجو در این فایل قرار دارند.
فایل‌هایی که شاید بخواهید آن‌ها را ببینید:	
pacman.py	فایل اصلی که بازی‌های پکمن را اجرا می‌کند. این فایل کلاس GameState را برای بازی پکمن توصیف می‌کند که در این پروژه از آن استفاده می‌کنید.
game.py	منطق جهان بازی پکمن در این فایل پیاده‌سازی شده است. این فایل شامل چندین کلاس مانند AgentState (وضعیت عامل)، Agent (عامل)، Grid (نقشه بازی) و Direction (جهت) می‌شود.
فایل‌هایی که می‌توانید از آن‌ها عبور کنید:	
graphicsDisplay.py	گرافیک‌های پیاده‌سازی شده برای بازی پکمن
graphicsUtils.py	پشتیبانی برای گرافیک بازی
textDisplay.py	گرافیک ASCII برای پکمن
ghostAgents.py	عامل‌های کنترل‌کننده ارواح

keyboardAgents.py	رابط صفحه کلید برای کنترل پکمن
layout.py	برنامه برای خواندن فایل های نقشه و ذخیره اطلاعات آنها
autograder.py	تصحیح کننده خودکار پروژه
testParser.py	parse کردن تست های autograder و فایل های راه حل
testClasses.py	کلاس های کلی autograding
test_cases/	پوشه دربردارنده تست های مختلف برای هر سوال
searchTestClasses.py	کلاس های autograding پروژه ۱

شما باید بخش هایی از سه فایل search.py و searchAgents.py و util.py را پر کنید. [لطفاً سایر](#) فایل ها را تغییر ندهید.

توجه: پاسخ کامل به سوالات تشریحی و ارائه توضیحات به همراه اسکرین شات برای بخش های پیاده سازی در این پروژه الزامی می باشد و بخش قابل توجهی از نمره را تعیین می کند.

## به پکمن خوش آمدید!

پس از دریافت کد پروژه از سامانه کورسز و خارج کردن آن از حالت فشرده، با تایپ کردن فرمان‌های زیر می‌توانید بازی پکمن را اجرا کنید:

```
cd P1
python pacman.py
```

پکمن در دنیای آبی براقی که پر از راهروهای پیچ در پیچ و غذاهای لذیذ است، زندگی می‌کند. حرکت بهینه در این جهان اولین قدم پکمن برای موفقیت است. ساده‌ترین عامل در فایل `searchAgents.py` عاملی با نام `GoWestAgent` است که همیشه به سمت غرب حرکت می‌کند (یک عامل واکنشی ساده). این عامل گاهی می‌تواند برنده شود:

```
python pacman.py --layout testMaze --pacman GoWestAgent
```

اما وقتی تغییر مسیر نیاز باشد این عامل به خوبی عمل نمی‌کند:

```
python pacman.py --layout tinyMaze --pacman GoWestAgent
```

اگر پکمن در جایی از بازی گیر کرد با وارد کردن `Ctrl+c` در ترمینال خود می‌توانید از بازی خارج شوید. به زودی پکمن شما نه تنها `tinyMaze` بلکه هر مارپیچ دیگری که بخواهید را نیز می‌تواند حل کند. **توجه:** فایل `pacman.py` از چند `option` نیز پشتیبانی می‌کند که می‌توان هر کدام را هم به شکل بلند (`--layout`) و هم به شکل کوتاه (`-l`) وارد کرد. برای دیدن لیستی از همه `option`‌ها و مقادیر پیش‌فرض آن‌ها می‌توانید دستور زیر را وارد کنید:

```
python pacman.py -h
```

همچنین همه دستوراتی که در این پروژه آورده شده جهت استفاده سریع و راحت در فایل `command.txt` قرار گرفته‌اند. در سیستم‌عامل‌های مک و یونیکس می‌توانید همه این دستورات را یکجا با وارد کردن دستور زیر اجرا کنید:

```
bash commands.txt
```

## ۰) شناخت فایل‌ها و برخی از function‌های پروژه

سوال: کاربرد کلاس SearchProblems در فایل search.py را به همراه متودهای آن توضیح دهید. همچنین به اختصار کاربرد هر یک از کلاس‌های Agent, Directions, Configuration, Actions, AgentState, Grid را که در فایل game.py قرار دارند، بیان کنید.

پیاپی‌سازی: متود push و pop از کلاس‌های Stack و Queue و همچنین متود update از کلاس PriorityQueue را بررسی کنید و در صورت لزوم آن‌ها را در فایل util.py اصلاح کنید.

## ۱) پیدا کردن یک نقطه ثابت غذا با استفاده از جستجوی اول عمق (DFS) (۳ امتیاز)

در فایل `searchAgents.py` می‌توانید کلاس `SearchAgent` را که بطور کامل پیاده‌سازی شده است پیدا کنید. این عامل یک مسیر را مشخص می‌کند و قدم به قدم آن را طی می‌کند. الگوریتم‌های جستجو پیاده نشده‌اند و پیاده‌سازی آن‌ها بر عهده شماست.

در ابتدا با اجرای دستور زیر مطمئن شوید که `SearchAgent` به درستی کار می‌کند:

```
python pacman.py -l tinyMaze -p SearchAgent -a fn=tinyMazeSearch
```

دستور بالا به عامل جستجو (`SearchAgent`) می‌گوید که برای الگوریتم جستجو، از `tinyMazeSearch` که در فایل `search.py` پیاده‌سازی شده است استفاده کند. پکمن باید بتواند با موفقیت در این مارپیچ حرکت کند.

اکنون زمان آن است که توابع جستجوی کامل و کلی را پیاده‌سازی کنید. شبه‌کد الگوریتم‌های جستجو را می‌توانید در اسلایدهای درس مشاهده کنید.

توجه کنید که یک گره جستجو باید علاوه بر اطلاعات مربوط به حالت، اطلاعات لازم برای بازسازی مسیری که به آن حالت می‌رسد را در خود داشته باشد.

**نکته مهم:** همه توابع جستجوی شما باید یک لیست از اعمالی<sup>۲</sup> که عامل را از حالت شروع به هدف می‌رساند را برگردانند. همه این اعمال باید حرکتهای مجاز باشند (جهتهای مجاز، نباید از دیوارها عبور کند).

**نکته مهم:** حتماً از ساختمان داده‌های صف، پشته و صف اولویت که در فایل `util.py` به شکل آماده در اختیاران قرار داده شده است، استفاده کنید. این ساختمان داده‌ها ویژگی‌های مشخصی دارند که برای سازگاری با `autograder` لازم هستند.

**راهنمایی:** الگوریتم‌ها بسیار مشابه‌اند. الگوریتم‌های `DFS`, `BFS`, `A*`, `UCS` تنها در جزئیات مدیریت `fringe` تفاوت دارند. پس تلاش کنید ابتدا الگوریتم `DFS` را به درستی پیاده‌سازی کنید و پیاده‌سازی بقیه الگوریتم‌ها مشابه با پیاده‌سازی `DFS` خواهد بود.

البته یکی از روش‌ها پیاده‌سازی تنها شامل یک تابع جستجوی کلی است که با یک صف‌بندی مخصوص به هر الگوریتم تنظیم شده است؛ به شکلی که تنها بخش متفاوت بین الگوریتم‌ها بخش مربوط به صف‌بندی

---

<sup>۲</sup> Actions

می‌باشد و جستجوی کلی یکسان است (برای دریافت نمره کامل نیازی نیست که حتماً این روش را پیاده‌سازی کنید).

الگوریتم جستجوی اول عمق را در تابع `depthFirstSearch` موجود در فایل `search.py` پیاده‌سازی کنید. برای اینکه الگوریتم شما کامل باشد، ورژن جستجوی گرافی DFS را پیاده‌سازی کنید که حالتی که قبلاً مشاهده شده‌اند را گسترش نمی‌دهد.  
کد شما باید به سرعت راه‌حل را برای حالات زیر بیابد:

```
python pacman.py -l tinyMaze -p SearchAgent
```

```
python pacman.py -l mediumMaze -p SearchAgent
```

```
python pacman.py -l bigMaze -z .5 -p SearchAgent
```

صفحه پکمن حالتی را که کاوش شده‌اند را به ترتیب نشان می‌دهد (هرچه رنگ قرمز روشن‌تر باشد به معنای این است که اخیراً کاوش شده است و به مرور زمان کم‌رنگ‌تر می‌شود).

**راهنمایی:** اگر از ساختمان داده پشته استفاده می‌کنید، مسیر به دست آمده از الگوریتم DFS برای `mediumMaze` باید طولی برابر ۱۴۶ داشته باشد (با فرض اینکه `successor`ها را با ترتیبی که `getSuccessors` مشخص می‌کند به انتهای `fringe` اضافه کنید. اگر این کار را با ترتیب عکس انجام دهید ممکن است طولی برابر با ۲۶۹ داشته باشد).

**سوال:** راه حل DFS را از نظر پیچیدگی زمانی و فضایی تحلیل کنید. طبق چیزی که از حرکت عامل مشاهده کردید به سوال زیر پاسخ دهید.

آیا استفاده از الگوریتم DFS بهینه است و عامل رفتار منطقی از خود نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

**سوال:** در غالب یک شبه‌کد مختصر الگوریتم IDS را توضیح دهید و حالتی را شرح دهید که این الگوریتم عملکرد بدتری نسبت به DFS دارد.



## ۲) جستجوی اول سطح (BFS) (۳ امتیاز)

الگوریتم جستجوی اول سطح را در تابع `breadthFirstSearch` موجود در فایل `search.py` پیاده‌سازی کنید. در اینجا نیز ورژن گرافی الگوریتم را پیاده‌سازی کنید که از گسترش حالات مشاهده‌شده جلوگیری می‌کند. کد خود را مشابه الگوریتم جستجوی اول عمق تست کنید.

```
python pacman.py -l mediumMaze -p SearchAgent -a fn=bfs
```

```
python pacman.py -l bigMaze -p SearchAgent -a fn=bfs -z .5
```

آیا الگوریتم جستجوی اول سطح راه‌حل را با کمترین هزینه را پیدا می‌کند؟ اگر نه پیاده‌سازی خود را چک کنید.

**راهنمایی:** اگر پکمن به شدت آهسته حرکت می‌کند از آپشن زیر استفاده کنید:

```
--frameTime 0
```

**سوال:** دستور زیر را اجرا کنید. آیا کد شما بدون هیچ گونه تغییری مسئله ۸-پازل را حل می‌کند؟ توضیح دهید.

```
python eightpuzzle.py
```

**سوال:** الگوریتم `BBFS` را به صورت مختصر با نوشتن یک شبه‌کد ساده توضیح دهید و آن را با الگوریتم `BFS` مقایسه کنید.

**سوال:** الگوریتم `BFS` را از نظر پیچیدگی زمانی و فضایی با الگوریتم `DFS` مقایسه کنید و مطابق آنچه در این دو بخش از پروژه مشاهده کردید، بیان کنید هریک از الگوریتم‌های مذکور در چه مواردی عملکرد بهتری در حرکت عامل دارد.

### (۳) تغییر تابع هزینه (۳ امتیاز)

در حالیکه BFS مسیر با کمترین اعمال مورد نیاز برای رسیدن به هدف را می‌یابد، شاید بخواهیم مسیرهایی را بیابیم که از جهات دیگری بهترین هستند. دو مارپیچ `mediumDottedMaze` و `mediumScaryMaze` را در نظر بگیرید.

با تغییر تابع هزینه می‌توانیم پکمن را برای پیدا کردن مسیرهای متفاوت تشویق کنیم. به عنوان مثال، می‌توانیم هزینه بیشتری برای حرکت‌های خطرناک در مناطقی که شامل ارواح هستند یا هزینه کمتری برای حرکت در مناطقی که غذا در آن زیاد است در نظر بگیریم و یک عامل پکمن منطقی باید رفتارهایش را با توجه به این هزینه‌ها تنظیم کند.

الگوریتم جستجوی گرافی UCS را در تابع `uniformCostSearch` موجود در فایل `search.py` پیاده‌سازی کنید. پیشنهاد می‌شود که به فایل `util.py` مراجعه کنید و از ساختمان داده‌هایی که می‌توانند مفید باشند استفاده کنید.

حالا باید بتوانید رفتارهای موفقیت‌آمیز عامل را در سه نقشه زیر ببینید. عامل‌ها در تمام حالت‌های زیر از الگوریتم UCS استفاده می‌کنند که تنها در تابع هزینه‌ای که استفاده می‌کنند تفاوت دارند (عوامل و توابع هزینه برای شما نوشته شده است).

```
python pacman.py -l mediumMaze -p SearchAgent -a fn=ucs
```

```
python pacman.py -l mediumDottedMaze -p StayEastSearchAgent
```

```
python pacman.py -l mediumScaryMaze -p StayWestSearchAgent
```

**نکته:** شما باید برای `StayEastSearchAgent` و `StayWestSearchAgent` به دلیل اینکه تابع هزینه‌ای با رشد نمایی دارند، به ترتیب هزینه‌ای بسیار پایین و بسیار بالایی را برای مسیر داشته باشید (برای جزئیات بیشتر به فایل `searchAgents.py` مراجعه کنید).

**سوال:** آیا ممکن است که با مشخص کردن یک تابع هزینه مشخص برای الگوریتم UCS، به الگوریتم BFS و یا DFS برسیم؟ در صورت امکان برای هر کدام از الگوریتم‌های BFS و یا DFS، تابع هزینه مشخص شده را با تغییر کد خود توضیح دهید (نیاز به پیاده‌سازی کد جدیدی نیست؛ صرفاً تغییراتی را که باید به کد خود اعمال کنید را ذکر نمایید).

**سوال:** آیا الگوریتم UCS نسبت به دو الگوریتم ناآگاهانه دیگر برتری دارد؟ مزایا و معایب آن را بیان کنید.

#### ۴) جستجوی A استار ( $A^*$ ) (۳ امتیاز)

در فایل `search.py` و در تابع خالی `aStarSearch` یک جستجوی گرافی  $A^*$  پیاده سازی کنید. الگوریتم جستجوی  $A^*$  یک تابع `heuristic` به عنوان آرگومان ورودی می‌گیرد. تابع های `heuristic` دو آرگومان ورودی دارند:

(۱) حالت (state) فعلی در مسئله جستجو

(۲) خود مسئله جستجو (problem)

تابع `nullHeuristic` که در فایل `search.py` قرار دارد، یک نمونه اولیه و بدیهی برای تابع `heuristic` است.

شما می‌توانید الگوریتم  $A^*$  پیاده‌سازی شده توسط خودتان را برای یک مسئله مسیریابی، به کمک هیوریستیک `manhattan distance` تست کنید.

**پیاده‌سازی:** ابتدا، متود دو هیوریستیک منهتن و اقلیدسی را که در توابع `manhattanHeuristic` و `euclideanHeuristic` در فایل `searchAgents.py` قرار دارند، کامل کنید.

برای این منظور می‌توانید به کمک دستور زیر کد را اجرا کنید:

```
python pacman.py -l bigMaze -z .5 -p SearchAgent -a fn=astar,heuristic=manhattanHeuristic
```

پس از اجرای کد با این الگوریتم خواهید دید که الگوریتم  $A^*$ ، جواب بهینه را تا حدی سریع‌تر از الگوریتم  $UCS^3$  پیدا می‌کند.

**سوال:** الگوریتم‌های جستجویی که تا به این مرحله پیاده سازی کرده‌اید را روی `openMaze` اجرا کنید و توضیح دهید چه اتفاقی می‌افتد (تفاوت‌ها را شرح دهید).

**سوال:** ایده‌ی اصلی الگوریتم  $A^*$  را با الگوریتم Dijkstra مقایسه کنید.

---

<sup>3</sup>Uniform Cost Search

## (۵) پیدا کردن همه گوشه‌ها (۳ امتیاز)

قدرت واقعی الگوریتم  $A^*$  تنها توسط مسائل جستجوی چالش‌برانگیزتر نمایان می‌شود. اکنون می‌خواهیم یک مساله جدید طراحی کنیم و یک heuristic برای آن طراحی کنیم. در هر مارپیچ که دارای گوشه می‌باشد (از مارپیچ‌های متفاوتی برای این بخش استفاده می‌کنیم)، به ازای هر گوشه یک نقطه در نظر گرفته شده است. مسئله جستجوی جدید ما این است که کوتاه‌ترین مسیری که از هر چهار گوشه بگذرد را در مارپیچ پیدا کنیم (بدون توجه به آنکه در گوشه ای غذا وجود دارد یا نه). توجه کنید که در برخی از مارپیچ‌ها مثل tinyCorners، کوتاه‌ترین مسیر، همیشه اول سمت نزدیک‌ترین غذا نمی‌رود.

**راهنمایی:** کوتاه‌ترین مسیر در tinyCorners به اندازه ۲۸ قدم است.

**توجه:** حتماً پیش از حل بخش ۵، بخش ۱ را به طور کامل حل کنید.

کلاس CornersProblem را در فایل searchAgents.py پیاده‌سازی کنید (این کلاس از قبل تعریف شده است؛ نیاز است که شما قسمت‌های مورد نیاز را کامل کنید). شما نیاز دارید که یک حالت طراحی کنید که بتواند تمام اطلاعات مورد نیاز برای تشخیص این که آیا مسیر به هر چهار گوشه رفته است یا نه، را مشخص کند. حال عامل هوشمند شما می‌تواند دو مساله زیر را حل کند:

```
python pacman.py -l tinyCorners -p SearchAgent -a fn=dfs,prob=CornersProblem
```

```
python pacman.py -l mediumCorners -p SearchAgent -a fn=dfs,prob=CornersProblem
```

برای دریافت نمره کامل این قسمت، حالتی که برای حل مساله طراحی می‌کنید نباید اطلاعات نامربوط (مثل موقعیت روح‌ها، موقعیت غذاهای اضافه و ...) را شامل شود. مشخصاً از GameState پکمن به عنوان state برای جستجو استفاده نکنید. خروجی‌های مربوط به دستورات بالا را تحلیل کنید.

**راهنمایی:** تنها قسمتی از GameState که نیاز دارید در پیاده‌سازی خود از آن استفاده کنید، موقعیت اولیه پکمن، موقعیت چهار گوشه و دیوارها است.

## ۶) هیوریستیک برای مسئله گوشه‌ها (۳ امتیاز)

**توجه:** حتما پیش از حل بخش ۶، بخش ۴ را به طور کامل حل کنید.

یک هیوریستیک غیربدیهی سازگار<sup>۴</sup> برای `CornersProblem` موجود در تابع `cornersHeuristic` پیاده‌سازی کنید. کد شما باید بتواند مساله زیر را حل کند:

```
python pacman.py -l mediumCorners -p AStarCornersAgent -z 0.5
```

**توجه:** `AStarCornersAgent` یک shortcut برای دستور زیر است:

```
-p SearchAgent -a fn=aStarSearch,prob=CornersProblem,heuristic=cornersHeuristic
```

**قابل قبول بودن<sup>۵</sup> و سازگار بودن:** همان طور که به یاد دارید، هیوریستیک‌ها توابعی‌اند که یک حالت جستجو را به عنوان ورودی می‌گیرند و عددی را به عنوان هزینه تخمینی تا نزدیک‌ترین هدف برمی‌گردانند. هیوریستیک‌های مفیدتر، مقداری نزدیک‌تر به هزینه واقعی رسیدن به هدف را برمی‌گردانند.

برای آنکه یک هیوریستیک **قابل قبول** باشد، مقدار هیوریستیک باید از هزینه واقعی کوتاه‌ترین مسیر به نزدیک‌ترین هدف کم‌تر باشد (همچنین نامنفی باشد).

برای آنکه یک هیوریستیک **سازگار** باشد، علاوه بر قابل قبول بودن باید اگر عملی هزینه  $C$  داشته باشد، انجام آن عمل تنها باعث کاهش مقدار هیوریستیک به مقداری کمتر یا مساوی با  $C$  برسد.

به خاطر داشته باشید که قابل قبول بودن، درست بودن یک جستجو گرافی را تضمین نمی‌کند (شما به شرط قوی‌تری برای سازگار بودن نیاز دارید). با این حال، هیوریستیک‌های قابل قبول اکثر مواقع سازگار هم هستند. به همین منظور، معمولاً آسان‌تر است تا از پیدا کردن یک هیوریستیک قابل قبول برای حل مساله شروع کنید. وقتی یک هیوریستیک قابل قبول پیدا کردید که خوب کار می‌کند، سازگاری آن را

---

<sup>۴</sup>Non-trivial, consistent heuristic

<sup>۵</sup>Admissibility

چک کنید. تنها راه تضمین سازگاری، اثبات کردن آن است. با این حال، اغلب می توان ناسازگاری را با تأیید اینکه برای هر گره ای که گسترش می دهید، گره های جانشین آن از نظر مقدار  $f$  برابر یا بیشتر تشخیص داده شود. علاوه بر این، اگر UCS و  $A^*$  مسیرهایی با طول متفاوت بازگردانند، هیوریستیک شما ناسازگار است.

**هیوریستیک غیربدیهی:** هیوریستیک های بدیهی مواردی که همیشه صفر (UCS) و یا هیوریستیک هایی که هزینه تکمیل واقعی را محاسبه می کنند، هستند. اولی هیچ صرفه جویی در زمان برای شما نمی کند و دومی باعث به پایان رسیدن زمان autograder خواهد شد (دریافت خطا timeout). شما هیوریستیکی نیاز دارید که کل زمان محاسبه را کاهش دهد. اگرچه برای این تمرین، autograder فقط تعداد گره ها را بررسی می کند (صرف نظر از اعمال محدودیت زمانی).

**نمره دهی:** هیوریستیک شما باید غیربدیهی، نامنفی و سازگار باشد تا نمره دریافت کنید. مطمئن شوید که هیوریستیک شما برای حالت های هدف مقدار صفر را برگرداند (مقدار منفی نباید برگردانده شود). با توجه به تعداد گره هایی که هیوریستیک شما باز می کند، به شما نمره داده می شود:

نمره	تعداد گره های باز شده
۳/۰	بیش از ۲۰۰۰
۳/۱	حداکثر ۲۰۰۰
۳/۲	حداکثر ۱۶۰۰
۳/۳	حداکثر ۱۲۰۰

**توجه:** اگر هیوریستیک شما ناسازگار باشد هیچ نمره ای از این بخش نمی گیرید!

**سوال:** هیوریستیک خود را توضیح دهید و سازگاری آن را استدلال کنید.

## (۷) خوردن همه غذاها (۴ امتیاز)

در این قسمت قرار است یک مساله جستجوی سخت را حل کنیم: خوردن همه غذاهای پکمن با کمترین تعداد قدم ممکن. پس به تعریف مساله جستجوی جدیدی نیاز داریم که مساله دریافت تمام غذاها را پیاده کند، به این منظور کلاس FoodSearchProblem در فایل searchAgents.py برای شما پیاده‌سازی شده است. یک جواب قابل قبول، مسیری است که تمام غذاهای موجود در جهان پکمن را جمع‌آوری کند. برای پروژه فعلی، راه حل‌ها هیچ روح یا قدرتی را در نظر نمی‌گیرند. جواب‌ها فقط به محل قرارگیری دیوارها، غذاها و پکمن وابسته است. (البته ارواح می‌توانند اجرای یک راه حل را خراب کنند! در پروژه بعدی به آن خواهیم رسید) اگر راه‌های جستجوی کلی را در قسمت‌های قبل به درستی پیاده‌سازی کرده باشید، الگوریتم  $A^*$  با هیوریستیک تهی<sup>۶</sup> (برابر با UCS) باید به سرعت یک راه حل بهینه را با اجرای دستور زیر برای testSearch بدون تغییری در کد پیدا کند (هزینه کل برابر با ۷ می‌باشد).

```
python pacman.py -l testSearch -p AStarFoodSearchAgent
```

توجه: AStarFoodSearchAgent یک shortcut برای دستور زیر است:

```
-p SearchAgent -a fn=astar,prob=FoodSearchProblem,heuristic=foodHeuristic
```

باید توجه کرده باشید که الگوریتم UCS حتی برای مسئله به ظاهر ساده tinySearch هم کند عمل می‌کند. به عنوان مرجع، در پیاده سازی ما ۲,۵ ثانیه طول می‌کشد تا مسیری به طول ۲۷ را پس از گسترش ۵۰۵۷ گره جستجو پیدا کند.

توجه: حتما پیش از حل بخش ۷، بخش ۴ را به طور کامل حل کنید.

تابع foodHeuristic موجود در فایل searchAgents.py را با یک هیوریستیک سازگار برای FoodSearchProblem تکمیل کنید. سپس عامل خود را با استفاده از دستور زیر امتحان کنید:

```
python pacman.py -l trickySearch -p AStarFoodSearchAgent
```

---

<sup>۶</sup>Null heuristic



عامل UCS ما با کاوش در بیش از ۱۶۰۰۰ گره، راه حل مطلوب را در حدود ۱۳ ثانیه پیدا می کند.

نمره دهی: هر هیوریستیک غیربديهی، نامنفی و سازگار ۱ نمره دریافت می کند. مطمئن شوید که هیوریستیک شما در هر حالت هدف، مقدار صفر بازگرداند و مقدار منفی برنگرداند. با توجه به تعداد حالت هایی که هیوریستیک شما بررسی می کند، به شما نمره داده می شود:

نمره	تعداد گره های باز شده
۴/۱	بیش از ۱۵۰۰۰
۴/۲	حداکثر ۱۵۰۰۰
۴/۳	حداکثر ۱۲۰۰۰
۴/۴	حداکثر ۹۰۰۰
۴/۵	حداکثر ۷۰۰۰

**توجه:** اگر هیوریستیک شما ناسازگار باشد هیچ نمره ای از این بخش نمی گیرید!

اگر عامل شما می تواند مساله `mediumSearch` را در زمان کوتاهی حل کند، یا ما خیلی خیلی تحت تاثیر قرار می گیریم و یا هیوریستیک شما ناسازگار است.

**سوال:** هیوریستیک خود را توضیح دهید و سازگاری آن را استدلال کنید.

**سوال:** پیاده سازی هیوریستیک خودتان در این بخش و در بخش قبلی را با یکدیگر مقایسه و تفاوت ها را بیان کنید.

**سوال:** با توجه به کدتان و مطالب درس بیان کنید که چرا به  $A^*$  الگوریتم جست و جوی آگاهانه می گویند؟

## ۸) جستجوی نیمه بهینه<sup>۷</sup> (۳ امتیاز)

بعضی مواقع حتی به کمک الگوریتم  $A^*$  و یک هیوریستیک مناسب، پیدا کردن مسیر بهینه‌ای که از تمام نقطه‌ها عبور کند سخت می‌شود. در این موارد، ما هنوز دوست داریم به سرعت یک راه خوب و منطقی پیدا کنیم. در این بخش، عاملی می‌نویسید که همیشه به طور حریصانه نزدیک‌ترین نقطه را می‌خورد. به این منظور کلاس `ClosestDotSearchAgent` در فایل `searchAgents.py` برای شما پیاده‌سازی شده است. اما تابعی که مسیر به نزدیک‌ترین نقطه را پیدا کند ناقص است.

تابع `findPathToClosestDot` موجود در تابع `searchAgents.py` را پیاده‌سازی کنید. عامل ما این مارپیچ را (به طور غیر بهینه!) در کمتر از یک ثانیه با هزینه مسیر ۳۵۰ حل می‌کند.

```
python pacman.py -l bigSearch -p ClosestDotSearchAgent -z 5
```

**راهنمایی:** اولین کار برای کامل کردن تابع `findPathToClosestDot` کامل کردن `AnyFoodSearchProblem` است که آزمون هدف<sup>۸</sup> اش کامل نمی‌باشد. سپس مسئله را با یک تابع جستجوی مناسب حل کنید. برای این بخش الگوریتم IDS را مانند بخش یک و دو با استفاده از `problem` که در متود `findPathToClosestDot` فراهم شده پیاده کنید. (می‌توانید از شبه‌کدی که در بخش DFS از شما خواسته شده است و پیاده‌سازی DFS (برای ایده گرفتن) استفاده کنید)

**توجه:** حداکثر عمق را برای الگوریتم IDS، معادل با ۱۰۰ در نظر بگیرید.

**سوال:** `ClosestDotSearchAgent` شما، همیشه کوتاه‌ترین مسیر ممکن در مارپیچ را پیدا نخواهد کرد. مطمئن شوید که دلیل آن را درک کرده‌اید و سعی کنید یک مثال کوچک بیاورید که در آن رفتن مکرر به نزدیک‌ترین نقطه منجر به یافتن کوتاه‌ترین مسیر برای خوردن تمام نقاط نمی‌شود.

---

<sup>7</sup> Suboptimal

<sup>8</sup> Goal test

## توضیحات تکمیلی

- برای آشنایی با یونیکس و پایتون می‌توانید به این [صفحه](#)<sup>۹</sup> مراجعه کنید.
- این پروژه نسخه ترجمه شده پروژه اول دانشگاه برکلی است که برای راحتی شما تدوین شده است. برای خواندن نسخه اصلی می‌توانید به این [صفحه](#)<sup>۱۰</sup> مراجعه کنید. (در این پروژه تغییرات بسیاری نسبت به نسخه اصلی ایجاد شده است)
- پاسخ به تمرین ها 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.
- پاسخ خود به سوالات که در فایل به شکل [سوال](#) مشخص شده‌اند را در قالب یک فایل PDF بصورت تایپ شده با فرمت `AI_P1Q_StdNum.pdf` به همراه سه فایل `search.py` و `util.py` و `searchAgents.py` در قالب یک فایل فشرده با فرمت `AI_P1_StdNum.zip` در سامانه کورسز آپلود کنید. (توجه نمایید که نوشتن گزارش الزامی است)
- در صورت هرگونه سوال یا ابهام از طریق ایمیل [aispring1401@gmail.com](mailto: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](#)
  - [@AliAsad059](#)
- این پروژه تحویل آنلاین از همه دانشجویان خواهد داشت و تسلط کافی به سورس کد برنامه ضروری است. بخشی از نمره به صورت ضریب به تسلط شما وابسته است.
- ددلاین این پروژه ۲۷ اسفند ۱۴۰۱ ساعت ۲۳:۵۹ است و امکان ارسال با تاخیر وجود ندارد، بنابراین بهتر است انجام تمرین را به روز های پایانی موکول نکنید.

<sup>9</sup> <https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs188/su21/project0/#unix-basics>

<sup>10</sup> <https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs188/su21/project1/>