"بسمه تعالی"

مبانی هوش کاربردی – پروژه اول

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, AgentState, Grid** را که در فایل **game.py** قرار دارند، بیان کنید.

این کلاس بصورت کلی ساختار یک مسئله جستجو را مشخص میکند

- `getStartState`
  - حالت اولیه را برای مسئله جستجو برمیگرداند
- `isGoalState`
  - درصورتی که در حالت قابل قبول هدف باشیم مقدار صحیح را برمیگرداند
- `getSuccessors`
  - یک سه گانه را برمیگرداند که شامل "وارث" یا بعبارت بهتر حالت ممکن بعدی، هزینه رسیدن به این حالت و عملی که باید انجام شود تا به آن برسیم خواهد بود
- `getCostOfActions`
  - براورد هزینه کلی برای مجموعه ای از اعمال را برمیگرداند
- `tinyMazeSearch`
  - دنباله ای از حرکات را که یک ماز کوچک را حل میکنند برمیگرداند، برای باقی ماز ها جواب درستی نخواهد داشت.
- `depthFirstSearch`
  - با الگوریتم DFS عمیق ترین نود هارا در درخت جستجو میکند
- `breadthFirstSearch`
  - با الگوریتم BFS سطح به سطح جستجو میکند
- `uniformCostSearch`
  - با الگوریتم UCS نود ها با کمترین هزینه را جستجو میکند
- `nullHeuristic`
  - heuristic را محاسبه میکند (هزینه به نزدیک ترین حالت هدف ممکن)

- aStarSearch
  - نود ای را جستجو میکند که بصورت برایند کمترین هزینه و اولین heuristic را دارد

کلاس ها در game.py

- Agent
  - کلاس اجنت متدی تحت عنوان getAction دارد که با دریافت حالت فعلی و عملی برای آن وارد عمل میشود
- Configuration
  - موقعیت فعلی را حفظ میکند در عین اینکه حرکت را دنبال میکند
- AgentState
  - حالت فعلی یک اجنت را نگه داری میکند
- Directions
  - موقعیت های حرکتی را تعریف میکند
- Grid
  - موقعیت خانه ها در بازی

(0

```python
def update(self, item, priority):
    # If item already in priority queue with higher priority, update its priority and rebuild the heap.
    # If item already in priority queue with equal or lower priority, do nothing.
    # If item not in priority queue, do the same thing as self.push.
    for index, (p, c, i) in enumerate(self.heap):
        if i == item:
            if p <= priority:
                break
            del self.heap[index]
            self.heap.append((priority, c, item))
            heapq.heapify(self.heap)
            break
        else:
            self.push(item, priority)
```

در این بخش در یک حلقه روی آیتم های موجود در هیپ حرکت میکنیم، اگر آیتم i در هیپ موجود بود و اولویت کمتر یا مساوی داشت کاری نمیکنیم ولی اگر غیر این بود آن را از هیپ پاک کرده و مجددا هیپ را میسازیم و اگر این آیتم جدید بود آن را پوش میکنیم

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

برای اعمال الگوریتم DFS نیاز به استفاده از استک داریم پس از util استکی به نام forDFS تعریف میکنیم:

```
#Defining a stack for DFS traverse
forDFS = util.Stack()
```

در قدم بعدی موقعیت اولیه پکمن را میگیریم و به شکل یک نود (نود ریشه) ذخیره میکنیم:

```
#Getting starting point
startLocation = problem.getStartState()

# Defining Root Node => (location, path)
rootNode = (startLocation, [])
```

حال گره ریشه را به استکی که تعریف کرده بودیم اضافه کرده و ست ای برای ذخیره سازی گره های مشاهده شده تعریف میکنیم:

```
#Pushing root to stack
forDFS.push(rootNode)

#Defining a set for visited nodes
visitedLocations = set()
```

حال تا زمانی که استک ما خالی نباشد وارد حلقه وایل زیر میشویم، ابتدای کار اخرین گره افزوده شده به استک را به عنوان گره فعلی در نظر میگیریم، منظور از گره یک ارایه دوتایی است که المان اول نشان دهنده موقعیت ان گره و دوم جهت آن نسبت به گره قبلی است.

```
while not forDFS.isEmpty():
    # node[0] : location, node[1] : path(NEWS)

    #pop latest node as current node
    node = forDFS.pop()
```

گره فعلی را به ست گره های مشاهده شده اضافه میکنیم، سپس چک میکنیم که ایا این گره همان گره هدف ما هست یا نه، اگر بود به نتیجه دلخواه رسیدیم و لازم نیست ادامه دهیم تنها جهت آن را برمیگردانیم.

```
#adding current node to visited ones
visitedLocations.add(node[0])

#check whether current node is goal or not
if problem.isGoalState(node[0]):
    return node[1]
```

در غیر اینصورت گره های مجاور گره فعلی را درنظر گرفته درصورتی که قبلا مشاهده نشده باشند به صورت گره (موقعیت و جهت) به استک اضافه میکنیم :

```
#find successors of current node
successors = problem.getSuccessors(node[0])

for item in successors:
    #checking whether successor has been visited or not
    if item[0] in visitedLocations:
        continue
    #pushining unvisited ones as nodes to stack
    forDFS.push((item[0], node[1] + [item[1]]))
```

این روند تا جایی که پکمن به گره هدف برسد تکرار خواهد شد و اگر هم در راستای یک شاخه به بن بست بخوریم طبق الگوریتم DFS به گره قبلی برگشته و مجددا جستجو در راستای آن شاخه را انجام میدهد تا نهایتا به جواب برسد.

همچنین گره ها علاوه برموقعیت فعلیشان جهت هایی که طی شده تا به آنها برسیم را در خود ذخیره کرده اند و تمامی گره های مشاهده شده هم در ست تعریف شده ذخیره شده اند.

سوال: در غالب یک شبه‌کد مختصر الگوریتم IDS را توضیح دهید و تغییرات لازم برای تبدیل الگوریتم DFS به IDS را نام ببرید.

الگوریتم های DFS, BFS برای درخت های بزرگ بخوبی عمل نمیکنند بنابراین میتوان از الگوریتم IDS استفاده کرد که تلفیقی از این دو الگوریتم است، در این الگوریتم بصورت سطح بندی شده از DFS استفاده میکنیم، به این معنی که در هر مرحله DFS اجازه دارد تا عمق معینی را جستجو کند.

```
// Returns true if target is reachable from
// src within max_depth
bool IDS(src, target, max_depth)
    for limit from 0 to max_depth
       if DLS(src, target, limit) == true
           return true
    return false

bool DLS(src, target, limit)
    if (src == target)
        return true;
```

```
// If reached the maximum depth,
// stop recursing.
if (limit <= 0)
    return false;

foreach adjacent i of src
    if DLS(i, target, limit?1)
        return true

return false
```

همانطور که در شبه کد بالا نشان داده شده باید در هرمرحله اجرای DFS محدودیتی برای عمق کاوش ان تعریف شود و از طرفی باید چندین و چند بار این الگوریتم را برای اعماق مختلف اعمال کرد تا به نتیجه دلخواه برسیم.

۲) جستجوی اول سطح (BFS) (۳ امتیاز)

برای پیاده سازی این الگوریتم نیاز به تعریف یک صف داریم که تحت عنوان forBFS تعریف میشود، مشابه الگوریتم قبلی برای نود های مشاهده شده یک ست تعریف میشود و موقعیت گره ریشه به ان و خودش به صف اضافه میشود:

```
def breadthFirstSearch(problem):
    #Defining a Queue for applying BFS
    forBFS = util.Queue()

    # Getting starting node
    startLocation = problem.getStartState()

    #Setting Root Node
    rootNode = (startLocation, [])

    #adding root node to queue
    forBFS.push(rootNode)


    #Defining a set for visited nodes
    visitedLocations = set()

    #adding starting point to that set
    visitedLocations.add(startLocation)
```

در قدم بعد اخرین گره را به عنوان گره فعلی در نظر میگیریم در صورتی که گره هدف بود ادامه نمیدهیم و درغیر این صورت وارث هارا پیدا کرده و به صف اضافه میکنیم:

```
while not forBFS.isEmpty():
    # node[0] : location, node[1] : path (NEWS)
    #Setting latest node as current one
    node = forBFS.pop()

    #checking whether current node is goal
    if problem.isGoalState(node[0]):
        return node[1]

    #getting current node successors
    successors = problem.getSuccessors(node[0])

    #adding successors to queue if they are not visited
    for item in successors:
        if item[0] in visitedLocations:
            continue
        visitedLocations.add(item[0])
        forBFS.push((item[0], node[1] + [item[1]]))
```

مقایسه این دو الگوریتم برای mediumMaze:

```
[SearchAgent] using function depthFirstSearch
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 130 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 146
Pacman emerges victorious! Score: 380
Average Score: 380.0
Scores:        380.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

```
[SearchAgent] using function bfs
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Statrting point is (34, 16)
Path found with total cost of 68 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 269
Pacman emerges victorious! Score: 442
Average Score: 442.0
Scores:        442.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

bigMaze:

```
[SearchAgent] using function depthFirstSearch
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 210 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 390
Pacman emerges victorious! Score: 300
Average Score: 300.0
Scores:        300.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

```
[SearchAgent] using function bfs
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Statrting point is (35, 1)
Path found with total cost of 210 in 0.1 seconds
Search nodes expanded: 620
Pacman emerges victorious! Score: 300
Average Score: 300.0
Scores:        300.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

tinyMaze :

```
[SearchAgent] using function depthFirstSearch
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 10 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 15
Pacman emerges victorious! Score: 500
Average Score: 500.0
Scores:        500.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

```
[SearchAgent] using function bfs
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Statrting point is (5, 5)
Path found with total cost of 8 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 15
Pacman emerges victorious! Score: 502
Average Score: 502.0
Scores:        502.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

همانطور که مشاهده میشود درمورد tinyMaze,mediumMaze الگوریتم BFS موفق تر از DFS عمل کرده است و درمورد bigMaze مشابه عمل کرده اند که این دور از انتظار نیست چون گفته بودیم هردوی این الگوریتم ها برای مسائل بزرگ خوب عمل نمیکنند.

سوال: الگوریتم BBFS را به صورت مختصر با نوشتن یک شبه‌کد ساده توضیح دهید و آن را با الگوریتم BFS مقایسه کنید. همچنین ایده‌ای بدهید که در یک مسئله جستجو که به دنبال بیش از یک هدف هستیم چگونه می‌توانیم از BBFS استفاده کنیم.

در الگوریتم های bidirectional به جای اینکه تنها از طرف مبدا به سمت مقصد حرکت کنیم یا به عبارت بهتر از ابتدای مسئله به انتها برویم همزمان جستجو را از انتهای مسئله به سمت گره مبدا نیز آغاز میکنیم، محل تقاطع این دو جستجو مسیری را به ما خواهد داد که دنبالش هستیم. برای این جستجو میتوان از الگوریتم BFS استفاده کرد که در نهایت به ما BBFS را میدهد. شبه کد به صورت زیر خواهد بود:

```
startq = Queue for BFS from start node
endq = Queue for BFS from end node
parent= Array where startparent[i] is parent of node i
visited= Array where visited[i]=True if node i has been encountered
while startq is not empty and endq is not empty
    perform next iteration of BFS for startq (also save the parent of children in
parent array)
    perform next iteration of BFS for endq
    if we have encountered the intersection node
        save the intersection node
        break
using intersection node, find the path using parent array
```

برای پیدا کردن چند هدف میتوان چند گره متفاوت را به عنوان نقاط شروع از اخر و اول درخت ها انتخاب و جستجو کرد تا به نتیجه دلخواه برسیم.

۳) تغییر تابع هزینه (۳ امتیاز)

برای پیاده سازی این الگوریتم از صف اولویت استفاده میکنیم که در بخش اول بخش آپدیت آن را تکمیل کرده بودیم، یک صف اولویت به نام forUCS تعریف کرده، گره شروع را گرفته به آن و ست گره های مشاهده شده اضافه میکنیم، در این الگوریتم گره ها علاوه بر موقعیت و جهت هزینه تا رسیدن به آن گره را هم دارند:

```
def uniformCostSearch(problem):
    #Defining a priority queue
    forUCS = util.PriorityQueue()

    #Getting starting point
    startLocation = problem.getStartState()

    # (location, path, cost)
    rootNode = (startLocation, [], 0)

    #adding root to priority queue and visited locations
    forUCS.push(rootNode, 0)
    visitedLocations = set()
```

در قدم بعدی تا زمانی که صف اولویتمان خالی نباشد، گره با اولویت بالاتر را گرفته و به عنوان گره فعلی در نظر میگیریم نهایتا اگر گره هدف بود ادامه نمیدهیم وگرنه آن و وارثینش را (درصورت مشاهده نشده بودن) به ست اضافه میکنیم، در اضافه کردن این گره ها به ست هزینه تا رسیدن به آنها را مجدد حساب کرده و به اطلاعات آن می افزاییم:

```
while not forUCS.isEmpty():
    # node[0] : location, node[1] : path, node[2] : cost
    #setting latest node as current one
    node = forUCS.pop()

    #checking whether if current node is goal or not
    if problem.isGoalState(node[0]):
        return node[1]

    #adding current node to visited ones and checking for its successors
    if node[0] not in visitedLocations:
        visitedLocations.add(node[0])
        for successor in problem.getSuccessors(node[0]):
            if successor[0] not in visitedLocations:
                cost = node[2] + successor[2]
                forUCS.push((successor[0], node[1] + [successor[1]], cost),
cost)
```

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 هرکدام از الگوریتم‌های BFS و یا DFS، تابع هزینه مشخص شده را با تغییر کد خود توضیح دهید (نیاز به پیاده‌سازی کد جدیدی نیست؛ صرفا تغییراتی را که باید به کد خود اعمال کنید را ذکر نمایید).

اگر الگوریتم BFS را با الگوی زیر جلو ببریم:

1. *Add the initial node x0 to the open list.*
2. *Take a node x from the front-end of open list. If the open list is empty then we can't proceed further hence can't find the target node.*
   (a) If open list is empty, stop with failure.
   (b) On the other hand, if x is the target node, stop with success.
3. *Expand x to obtain a set S of child nodes of x, and put x into the closed list.*
4. *For each node x' in set S, if it is not in the closed list, add it to the open list along with the edge (x, x').*
5. *Return to Step 2.*

و الگوریتم UCS بصورت زیر باشد:

1. *Add the initial node x0 and its cost C(x0) to the open list.*
2. *Get a node x from the top of the open list. (a) If the open list is empty then we can't proceed further and hence can't find the solution. So, if open list is empty then stop with failure. (b) If x is the target node then we can stop here. So, if x is target node then stop with success.*
3. *Expand x to get a set S of the child nodes of x, and move x to the closed list.*
4. *Pick each x' from the set S which is not present in the closed list, find its accumulated cost: C(x') = C(x) + d(x, x').*
5. *If x' is not present in the open list: Add x', C(x') and (x, x') to the open list. (a) If x' in already present in the open list, update its cost C(x') and link (x, x') in the open list if the new cost is smaller than old cost.*
6. *Sort the open list based on the node costs, and return to step-2.*

اگر منظور از d(x,x') هزینه رسیدن از x به x' باشد و این هزینه را برای همه نقاط 1 در نظر بگیریم الگوریتم ucs به bfs تبدیل میشود.

اما امکان تبدیل الگوریتم ucs به dfs وجود ندارد

۴) جستجوی A استار (A*) (۳ امتیاز)

در قدم اول لازم است فاصله منهتن و اقلیدسی را تعریف کنیم:

```
def manhattanHeuristic(position, problem, info={}):
    "The Manhattan distance heuristic for a PositionSearchProblem"
    point1 = position
    point2 = problem.goal
    return abs(point1[0] - point2[0]) + abs(point1[1] - point2[1])
def euclideanHeuristic(position, problem, info={}):
    "The Euclidean distance heuristic for a PositionSearchProblem"
    point1 = position
    point2 = problem.goal
    return ( (point1[0] - point2[0]) ** 2 + (point1[1] - point2[1]) ** 2 ) **
0.5
```

برای اعمال الگوریتم یک صف اولویت و یک ست مشابه الگوریتم های قبلی تعریف کرده و روند کلی الگوریتم قبلی را جلو میبریم با این تفاوت که به جای محاسبه هزینه تابع f که شامل هزینه و هیوریستیک است را ذخیره میکنیم که اولویت گره ها را در صف تعیین کند:

```
def aStarSearch(problem, heuristic=nullHeuristic):
    #defining a priority queue
    forAstar = util.PriorityQueue()

    #Getting start location
    startLocation = problem.getStartState()

    #Setting root node
    rootNode = (startLocation, [], 0)
    forAstar.push(rootNode, 0)
    visitedLocations = set()

    while not forAstar.isEmpty():
        # node[0] : location,node[1] : path,node[2] : cumulative cost
        #current node
        node = forAstar.pop()

        #checking whether current node is goal or not
        if problem.isGoalState(node[0]):
            return node[1]

        #adding to visited nodes
        if node[0] not in visitedLocations:
            visitedLocations.add(node[0])
            for successor in problem.getSuccessors(node[0]):
                if successor[0] not in visitedLocations:
                    cost = node[2] + successor[2]
                    #f function
                    totalCost = cost + heuristic(successor[0], problem)
                    forAstar.push((successor[0], node[1] + [successor[1]],
cost), totalCost)
```

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).

الگوریتم DFS :

```
[SearchAgent] using function depthFirstSearch
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 298 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 806
Pacman emerges victorious! Score: 212
Average Score: 212.0
Scores:        212.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

الگوریتم BFS :

```
[SearchAgent] using function bfs
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 54 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 682
Pacman emerges victorious! Score: 456
Average Score: 456.0
Scores:        456.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

الگوریتم UCS:

```
[SearchAgent] using function ucs
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 54 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 682
Pacman emerges victorious! Score: 456
Average Score: 456.0
Scores:        456.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

الگوریتم A* :

```
[SearchAgent] using function astar and heuristic manhattanHeuristic
[SearchAgent] using problem type PositionSearchProblem
Path found with total cost of 54 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 535
Pacman emerges victorious! Score: 456
Average Score: 456.0
Scores:        456.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

مشاهده میشود که الگوریتم DFS بسیار کند عمل میکند و نهایتا امتیاز پایین تری میگیرد، عملکرد الگوریتم BFSاز همه موفق تر و سریع تر است و الگوریتم UCS هم در حالتی که هزینه طی کردن مسیر 1 باشد همان BFS است، همچنین الگوریتم A* هم نتیجه مشابهی دارد چون در این مسئله هیوریستیک و هزینه ای تعریف نشده است.

۵) پیدا کردن همه گوشه‌ها (۳ امتیاز)

در کلاس CornersProblem ابتدا تابع init تعریف شده که ما تغییری نداده ایم. در قدم بعدی تابعی برای برگرداندن استیت اولیه تعریف میشود، همانطور که مشاهده میکنید اینکه یک تاپل هم به استیت اضافه شده که بعدا برای پیدا کردن کرنر ها استفاده خواهد شد:

```
def getStartState(self):
    """
    Returns the start state (in your state space, not the full Pacman state
    space)
    """
    return (self.startingPosition, (0,1,2,3))
```

تابع بعدی چک میکند آیا این استیت هدف مسئله هست یا خیر:

```
def isGoalState(self, state):
    """
    Returns whether this search state is a goal state of the problem.
    """
    return not state[1]
```

این تابع وارث های این گره را برمیگرداند، به این صورت که یک لیست برای وارثین تعریف میکنیم، به ازای هرحرکت(شمال، غرب،جنوب، شرق) از موقعیت فعلی چک میکنیم اگر دیوار نبود آن را به عنوان یک وارث اضافه میکنیم، لازم به ذکر است که اگر در یک کرنر باشیم این مورد را چک میکنیم و از لیست کرنر ها مسئله کم میکنیم.

```
def getSuccessors(self, state):
    successors = []
    for action in [Directions.NORTH, Directions.WEST, Directions.SOUTH,
Directions.EAST]:
        x, y = state[0]
        #delta to next state position
        dx, dy = Actions.directionToVector(action)
        #next state
        nextX, nextY = int(x + dx), int(y + dy)

        #check if next one is a wall or not
        if not self.walls[nextX][nextY]:
            # Change state[1] if reaches corner
            leftCorners = state[1]
            nextLocation = (nextX, nextY)
            try:
                # Find out if the successor is a corner
                indexOfCorner = self.corners.index(nextLocation)
            except:
                pass
            else:
                if indexOfCorner in leftCorners:
                    temp = list(leftCorners)
                    temp.remove(indexOfCorner)
```

```
                    leftCorners = tuple(temp)

            nextState = (nextLocation, leftCorners)
            successors.append((nextState, action, 1))

    self._expanded += 1 # DO NOT CHANGE
    return successors
```

خروجی مسئله ها بصورت زیر است:

```
1>python pacman.py -l tinyCorners -p SearchAgent -a fn=dfs,prob=CornersProblem
[SearchAgent] using function dfs
[SearchAgent] using problem type CornersProblem
Path found with total cost of 48 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 72
Pacman emerges victorious! Score: 492
Average Score: 492.0
Scores:        492.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win

C:\Users\Samin\Desktop\University\Term 6\Lessons\Principals of Artificial Intelli
1>python pacman.py -l mediumCorners -p SearchAgent -a fn=dfs,prob=CornersProblem
[SearchAgent] using function dfs
[SearchAgent] using problem type CornersProblem
Path found with total cost of 141 in 0.0 seconds
Search nodes expanded: 417
Pacman emerges victorious! Score: 399
Average Score: 399.0
Scores:        399.0
Win Rate:      1/1 (1.00)
Record:        Win
```

همانطور که مشاهده میشود با الگوریتم DFS پکمن موفق به کشف کرنر ها شده است.

۶) هیوریستیک برای مسئله گوشه‌ها (۳ امتیاز)

برای محاسبه هیوریستیک در این مسئله ابتدا کرنرها و دیوارهای مسئله را در متغیر هایی به همین نام ها ذخیره میکنیم، موقیت فعلی و کرنرهارا هم در متغیر های دیگری ذخیره میکنیم:

```
def cornersHeuristic(state, problem):
    corners = problem.corners # These are the corner coordinates
    walls = problem.walls # These are the walls of the maze, as a Grid
(game.py)

    currentPosition = state[0]
    cornersIndex = state[1]
```

اگر کرنری موجود نبود صفر برمیگردانیم:

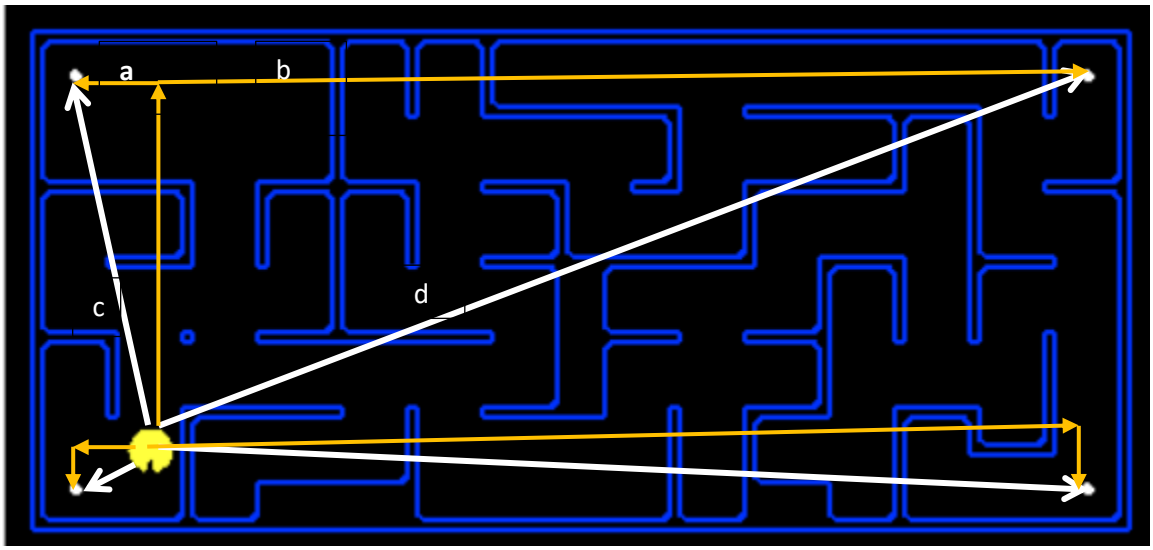
```
if not cornersIndex:
    return 0
```

وگرنه فاصله منهتن گره فعلی را با کرنرهای موجود محاسبه کرده ماکسیموم مقدار را برمیگردانیم:

```
# max manhattan distance among all remained corners
return max([util.manhattanDistance(currentPosition,corners[idx]) for idx in
cornersIndex])
```

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

هیوریستیک ما حداکثر فاصله منهتن موقعیت گره فعلی تا گوشه هاست موقعیت زیر را در نظر بگیرید:



در این موقعیت فاصله منهتن پکمن تا چهارگوشه به رنگ نارنجی و فاصله اقلیدسی آن به رنگ سفید نشان داده شده است، بنابر نابرابری مثلثی مشخص است که فاصله منهتن تا نقاط گوشه کوچکتر مساوی فاصله واقعی است (درحالیکه فاصله اقلیدسی چنین نیست و برای همین آن را انتخاب نمیکنیم) پس هیوریستیک ما قابل قبول

است، برای سازگار بودن فرض میکنیم بخواهیم به گوشه بالا سمت چپ رفته بعد به گوشه بالا سمت راست برویم در چنین حالتی اگر از مسیر واقعی حرکت کنیم باید از فاصله اقلیدسی نقطه فعلی تا اولین مقصد رفته (c) و بعد مستقیما به مقصد بعدی برویم(a+b) درصورتی که اگر از فاصله منهتن استفاده کنیم مقدار کمتری خواهیم داشت (e+a+b) زیرا میدانیم مشخصا a,e از c کوچکتر هستند پس دلتای نقاط از حالت واقعی کمتر و سازگار است. علت انتخاب بزرگترین فاصله منهتن این است که با طی کردن این فاصله باقی گوشه هارا هم چک کرده ایم.

۷) خوردن همه غذاها (۴ امتیاز)

در این بخش ابتدا موقعیت فعلی پکمن و موقعیت غذاهارا میگیریم سپس با استفاده از تابع mazeDistance چک میکنیم (اگر هیورستیک مشخصی برای آن نقطه که غذا در ان قرار دارد نداشته باشیم از قبل) چقدر فاصله تا آن وجود دارد (فاصله منهتن) و دورترین غذارا به عنوان هیورستیک مسئله برمیگردانیم:

```
def foodHeuristic(state, problem):
    #Getting current state and food locations
    position, foodGrid = state
    foods = foodGrid.asList()
    #if there is no food then return 0
    if not foods:
        return 0

    farFood = 0
    for food in foods:
        key = position + food
        if key in problem.heuristicInfo:
            distance = problem.heuristicInfo[key]
        else:
            # Use manhattan distance
            distance = mazeDistance(position, food,
problem.startingGameState)
            problem.heuristicInfo[key] = distance

        if distance > farFood:
            farFood = distance

    return farFood
```

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

در این بخش از فاصله میز استفاده کرده ایم، اینجا باید تمامی غذاها خورده شود و انتخاب دورترین غذا جواب قابل قبولی به ما میدهد زیرا یا باید از این راه رفته ان را بخوریم (همچنین باقی را) یا از راه های دورتر و از طرفی سازگار هم هست زیرا مقدار تابع f در طی مسیر زیاد میشود.

سوال: پیاده‌سازی هیوریستیک خودتان در این بخش و در بخش قبلی را با یکدیگر مقایسه و تفاوت‌ها را بیان کنید.

در قسمت قبلی از فاصله منهتن استفاده کرده بودیم اما اینجا از فاصله میز استفاده کرده ایم و محاسبه هیورستیک برای غذاهای تکراری دوباره انجام نمیشود.

۸) جستجوی نیمه بهینه[7] (۳ امتیاز)

برای پیاده سازی این بخش ابتدا AnyFoodSearchProblem را کامل کردیم.

```
def isGoalState(self, state):
    """
    The state is Pacman's position. Fill this in with a goal test that will
    complete the problem definition.
    """
    x, y = state
    if self.food[x][y] == True:
        return True
    return False
```

در قدم بعدی الگوریتم ids پیاده سازی شد:

```
def iterativeDeepeningSearch(problem):
    height = 0
    # Defining a stack for DFS traverse
    forIDS = util.Stack()
    checkLater = util.Queue()
    # Getting starting point
    startLocation = problem.getStartState()

    # Defining Root Node => (location, path)
    rootNode = (startLocation, [], 0)

    # Pushing root to stack
    forIDS.push(rootNode)

    # Defining a set for visited nodes
    visitedLocations = set()

    while [(not forIDS.isEmpty()) or (not checkLater.isEmpty())] and
height<101 :
        if forIDS.isEmpty():
           while not checkLater.isEmpty():
               n = checkLater.pop()
               forIDS.push(n)
           height = height + 1

        # node[0] : location, node[1] : path(NEWS), node[2] : height
        # pop latest node as current node
        node = forIDS.pop()

        if node[2] > height :
            checkLater.push(node)


        if node[2] ==  height:
            # adding current node to visited ones
            visitedLocations.add(node[0])
```

```
            # check whether current node is goal or not
            if problem.isGoalState(node[0]):
                return node[1]

            # find successors of current node
            successors = problem.getSuccessors(node[0])
            for item in successors:
                # checking whether successor has been visited or not
                if item[0] in visitedLocations:
                    continue
                # pushining unvisited ones as nodes to stack
                forIDS.push((item[0], node[1] + [item[1]],node[2] + 1))

    return None
```

این الگوریتم مشابه الگوریتم dfs رفتار میکند با این تفاوت که یک صف و یک استک داریم و المان سومی برای گره ها تعریف میشود به عنوان height که با چک کردن این المان طبق شبه کدی که قبلا توضیح داده شد جلو رفته ایم.

برای پیدا کردن کوتاه ترین مسیر از این الگوریتم استفاده میشود:

```
def findPathToClosestDot(self, gameState):
    """
    Returns a path (a list of actions) to the closest dot, starting from
    gameState.
    """
    #Getting Current State,food,walls
    startPosition = gameState.getPacmanPosition()
    food = gameState.getFood()
    walls = gameState.getWalls()
    problem = AnyFoodSearchProblem(gameState)
    return search.iterativeDeepeningSearch(problem)
```

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.

همانطور که گفته شده این الگوریتم بهینه ترین مسیر را پیدا نمیکند مثلا در موقعیت زیر تمامی نقاط خورده شده ولی یک نقطه که در ابتدای کار باید خورده میشد باقی مانده که مجددا پکمن باید مسیر را طی کند تا به ان برسد که نشانه ای از عدم بهینگی است: