盲目搜索

讲解人：张宇聪

2022.03.17

目录

- 理论课回顾
  - 形式化一个搜索问题
    - 问题的定义
    - 问题的解的定义
    - 为什么要搜索算法
  - 问题求解算法的性能
  - 盲目搜索策略
    - 宽度优先搜索(BFS)
    - 一致代价搜索 (UCS)
    - 深度优先搜索(DFS)
    - 深度受限搜索
    - 迭代加深搜索
    - 双向搜索
- 思考题&实验任务

01 搜索问题定义

形式化一个搜索问题

1.1 问题的定义 [1]

用5个组件形式化定义一个search problem：

1） initial state 初始状态

2） Actions 行动

3） transition model 转移模型

4） goal test 目标测试

5） path cost 路径耗散

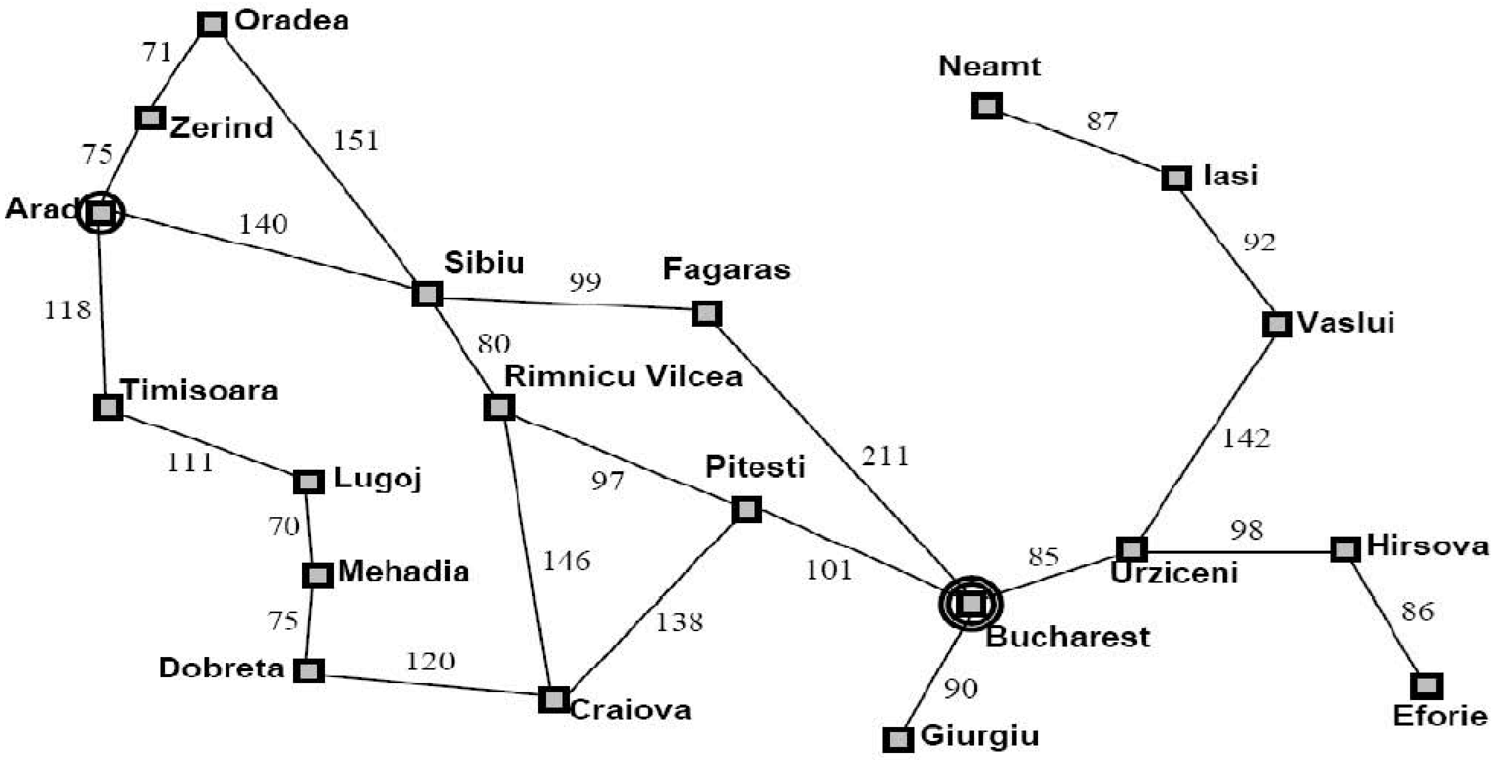
1.2 问题的解（solution）的定义

A solution to a problem is an action sequence that leads from the initial state to a goal state.

即：一个问题的解是：一个行动序列

举例

Currently in Arad, need to get to Bucharest



- **States:** the various cities you could be located in.
- **Actions:** drive between neighboring cities.
- **Initial state:** in Arad
- **Goal:** in Bucharest
- **Solution:** the route, the sequence of cities to travel through to get to Bucharest.

通过搜索求解

function TREE-SEARCH(*problem*) **returns** a solution, or failure
  initialize the frontier using the initial state of *problem*
  loop do
    if the frontier is empty **then return** failure
    choose a leaf node and remove it from the frontier
    if the node contains a goal state **then return** the corresponding solution
    expand the chosen node, adding the resulting nodes to the frontier

---

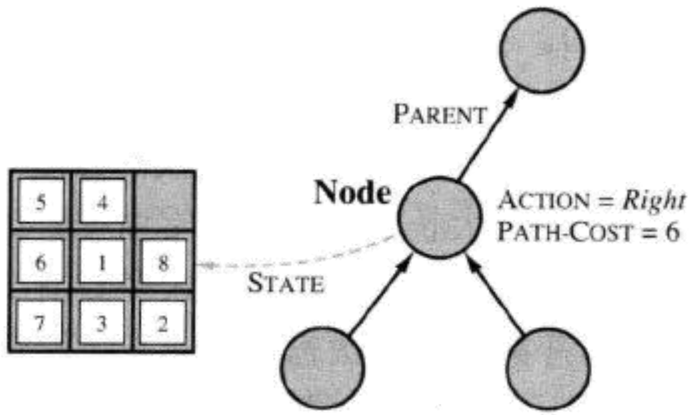
function GRAPH-SEARCH(*problem*) **returns** a solution, or failure
  initialize the frontier using the initial state of *problem*
  initialize the explored set to be empty
  loop do
    if the frontier is empty **then return** failure
    choose a leaf node and remove it from the frontier
    if the node contains a goal state **then return** the corresponding solution
    add the node to the explored set
    expand the chosen node, adding the resulting nodes to the frontier
      only if not in the frontier or explored set

图 3.7 一般的树搜索和图搜索算法的非形式化描述。用粗斜体标出的图搜索算法的部分内容是指需要额外处理重复状态

搜索的数据结构

对树中每个结点n，一般定义如下数据结构

- *n*.STATE：对应状态空间中的状态；
- *n*.PARENT：搜索树中产生该结点的结点（即父结点）；
- *n*.ACTION：父结点生成该结点时所采取的行动；
- *n*.PATH-COST：代价，一般用 $g(n)$表示，指从初始状态到达该结点的路径消耗；



结点是数据结构，由搜索树构造。每个结点都有一个父结点、一个状态和其他域。箭头由子结点指向父结点

求解算法的性能

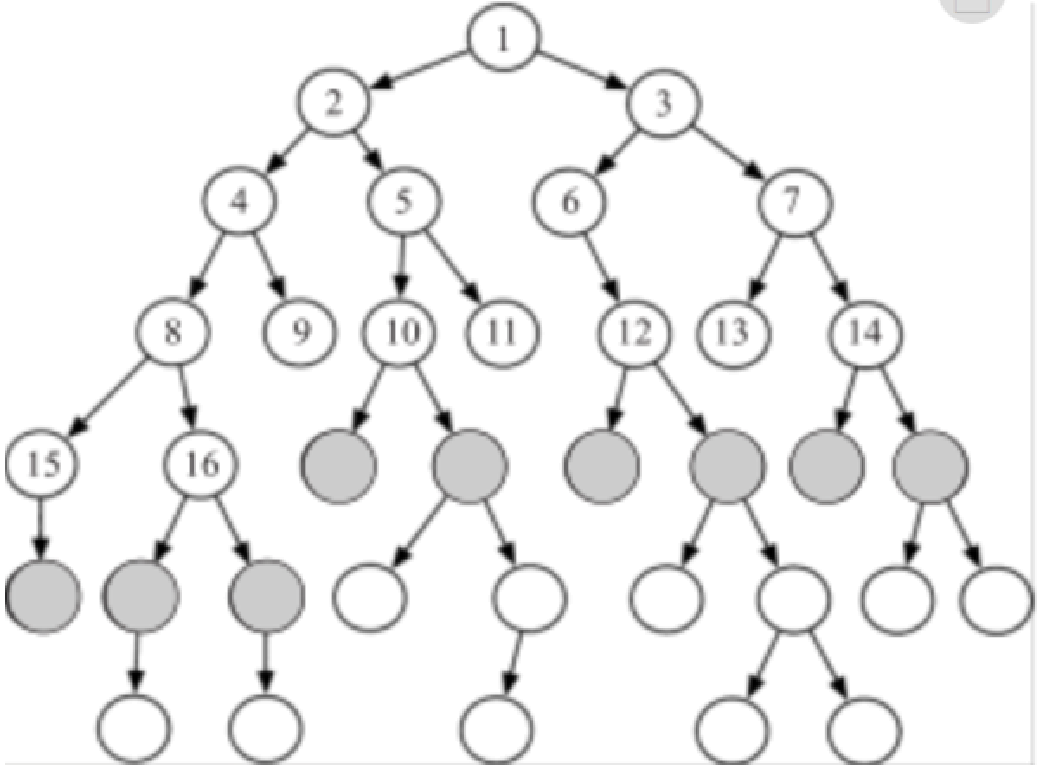
四个方面：

- 完备性：当问题有解时，这个算法能否保证找到解。
- 最优性：搜索策略能否找到最优解。
- 时间复杂度：找到解所需要的时间，也叫搜索代价
- 空间复杂度：执行搜索过程中需要多少内存空间

02 盲目搜索策略

- 宽度优先搜索
- 一致代价搜索
- 深度优先搜索
- 深度受限搜索
- 迭代加深搜索
- 双向搜索

宽度优先搜索(BFS)



- 完备性；
- 非最优；
- 时间复杂度O(b^d);
- 空间复杂度O(b^d);

- 节点扩展顺序与目标节点的位置无关；
- 用一个先进先出（FIFO）队列实现;

一致代价搜索Uniform-cost search (UCS)

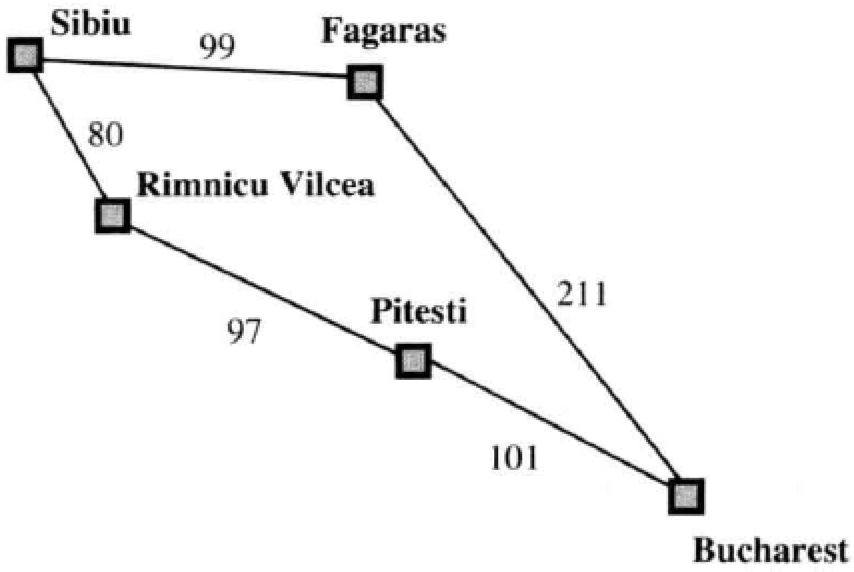


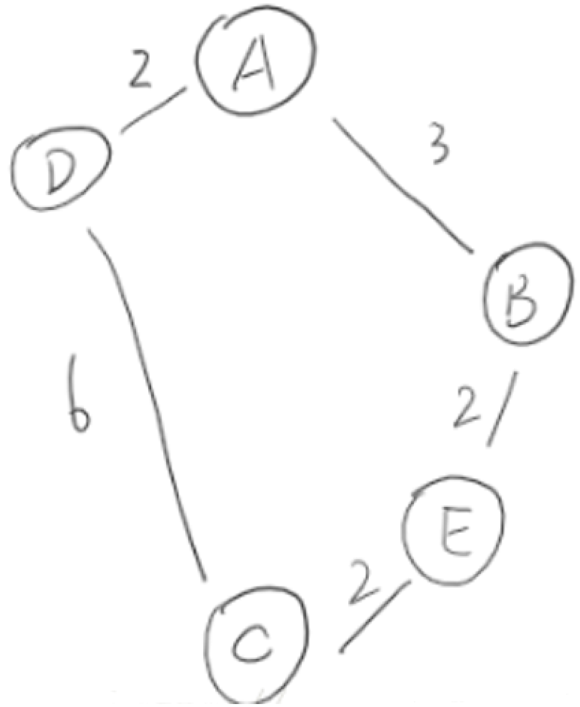
图 3.15 罗马尼亚问题的部分状态空间，用于描述一致代价搜索

Search Strategy： 扩展最低代价的未扩展节点。

Implementation： 队列，按路径代价排序，最低优先。

Complexity： $O(b^{1+\lceil C^*/\epsilon \rceil})$

```
function UNIFORM-COST-SEARCH(problem) returns a solution, or failure
    node ← a node with STATE = problem.INITIAL-STATE, PATH-COST = 0
    frontier ← a priority queue ordered by PATH-COST, with node as the only element
    explored ← an empty set
    loop do
        if EMPTY?(frontier) then return failure
        node ← POP(frontier)   /* chooses the lowest-cost node in frontier */
        if problem.GOAL-TEST(node.STATE) then return SOLUTION(node)
        add node.STATE to explored
        for each action in problem.ACTIONS(node.STATE) do
            child ← CHILD-NODE(problem, node, action)
            if child.STATE is not in explored or frontier then
                frontier ← INSERT(child, frontier)
            else if child.STATE is in frontier with higher PATH-COST then
                replace that frontier node with child
```



深度优先搜索 (DFS)

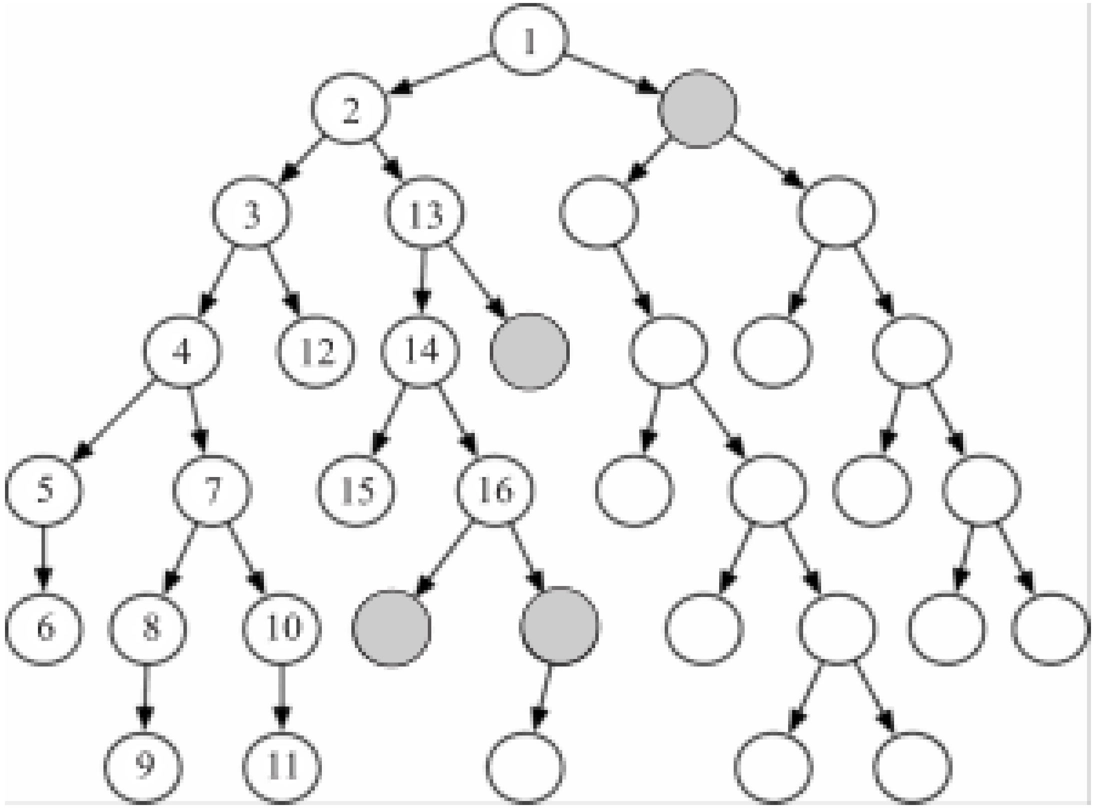


图 3-5　深度优先搜索中节点的扩展顺序

深度受限搜索 (Depth-limited Search)

```
function Depth-Limited-Search(problem, limit) returns a solution, or failure/cutoff
    if problem.Goal-Test(node.State) then return Solution(node)
    if limit = 0 then return cutoff     //no solution
    cutoff_occurred? ← false
    for each action in problem.Action(node.State) do
        child ← Child-Node(problem, node, action)
        result ← Recusive-DLS(child, problem, limit - 1)
        if result = cutoff then cutoff_occurred ? ← true
        else if result ≠ failure then return result
    if cutoff_occurred ? then return cutoff    //no solution
    else return failure
```

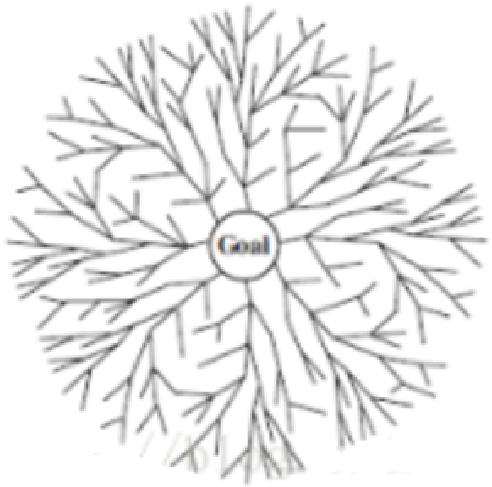
迭代加深搜索（Iterative Deepening Search ）

```
function Iterative-Deepening-Search(problem, limit) returns a solution, or failure
    for depth = 0 to ∞ do
        result ← Depth-Limited-Search(problem,  depth)
        if result ≠ cutoff then return result
```

双向搜索 （Bidirectional search）

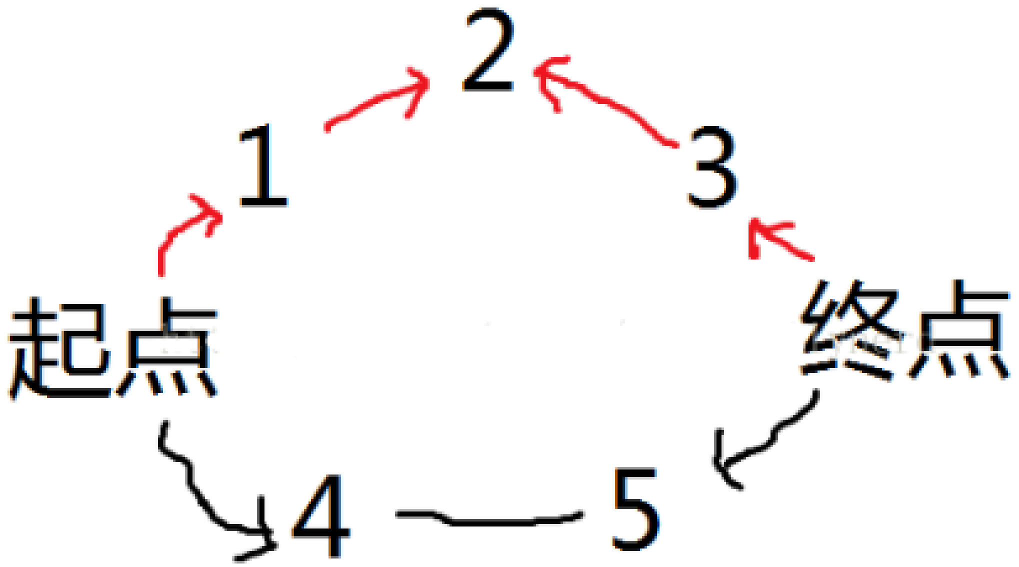
它同时进行两个搜索：一个是从初始状态向前搜索，二另一个则从目标向后搜索。当两者在中间相遇时停止。

forward tree



backward tree

双向搜索 （Bidirectional search）



盲目搜索策略评价

Evaluation of Uninformed Tree-search Strategies

无信息树搜索策略评价

Criterion	Breadth First	Uniform Cost	Depth First	Depth Limited	Iterative Deepening	Bidirectional
Complete	Yes[a]	Yes[a,b]	No	No	Yes[a]	Yes[a,d]
Time	$O(b^d)$	$O(b^{1+\lfloor C^*/\epsilon \rfloor})$	$O(b^m)$	$O(b^\ell)$	$O(b^d)$	$O(b^{d/2})$
Space	$O(b^d)$	$O(b^{1+\lfloor C^*/\epsilon \rfloor})$	$O(bm)$	$O(b\ell)$	$O(bd)$	$O(b^{d/2})$
Optimal	Yes[c]	Yes	No	No	Yes[c]	Yes[c,d]

Where
- b -- maximum branching factor of the tree
- d -- depth of the shallowest solution
- m -- maximum depth of the tree
- l -- the depth limit

- a -- complete if b is finite
- b -- complete if step costs ϵ for positive
- c -- optimal if step costs are all identical
- d -- if both directions use breadth-first search

实验任务

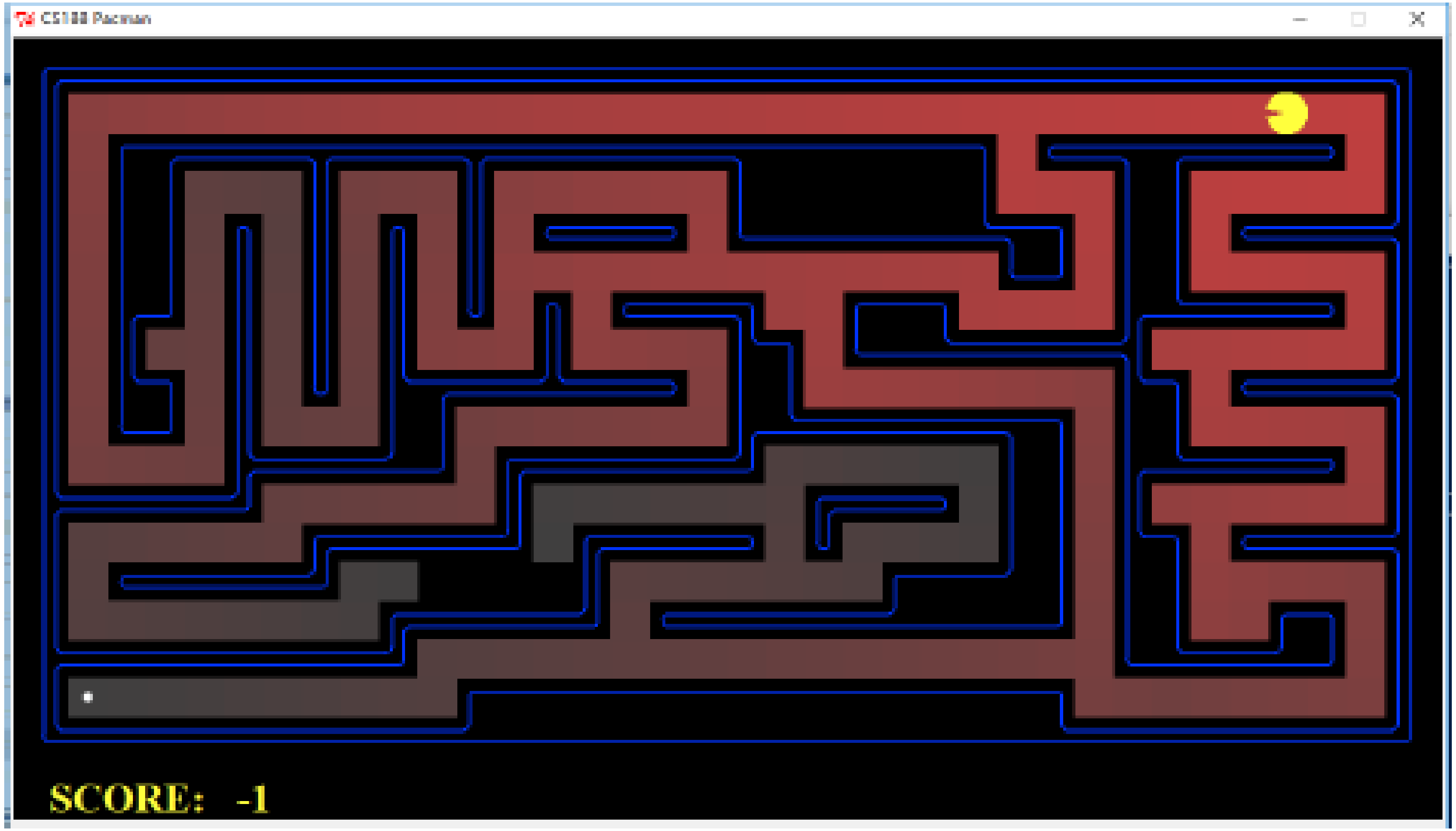
实验要求

- 以下类型一两种都要实现，类型二选择一个实现。

  类型一：BFS、DFS

  类型二：一致代价、迭代加深、双向搜索

- 报告要求：报告中①需要有对实现的策略的原理解释，②需要策略的实验效果（四个方面的算法性能）的对比和分析，③以及自己对不同策略优缺点，适用场景的理解和认识 。
- 提交文件(和下次作业(下周)一起作为实验3提交)
  - 压缩包：学号_姓名_作业编号.zip，如 20331234_张三_实验3.zip。
  - 其中包括：①几种策略的源代码文件， ②实验报告
  - 截止日期：2022.4.6 23:59


CS188 Pacman
SCORE: -1

S表示起点，
E表示终点。
1表示墙，
0是可通行。

```
111111111111111111111111111111111111
1000000000000000000000000000000000S1
101111111111111111111111101111111101
101100010001000000111111100011000001
101101010101011110111111111011011111
101101010101000000000000011011000001
101101010101010111100111000011111101
101001010100010000110111111110000001
101101010111111110110000000011011111
101101000110000000111111111011000001
100001111110111111100000011011111101
111111000000100000001111011010000001
100000011111101111101000011011011111
101111110000001000000011111011000001
100000000111111011111111111011001101
111111111100000000000000000011111101
1E0000000001111111111111111000000001
111111111111111111111111111111111111
```