NLP 南京大学 自然语言处理研究组 Natural Language Processing Group

南京大学 NANJING UNIVERSITY

搜索和问题求解

黄书剑

搜索相关的问题（一）

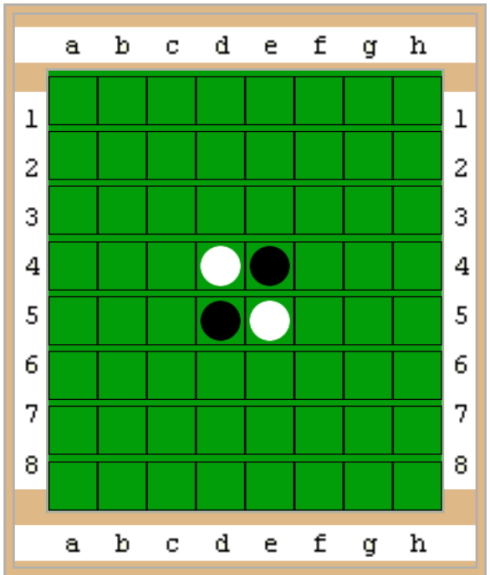
- **求所有的3位水仙花数**
  - 每个位上的数字的3次幂之和等于该数本身
  - 1^3 + 5^3 + 3^3 = 153
- **判断一个数是否为质数**
- **求100以内所有的质数**
- **哥德巴赫猜想1742**
  - 任一大于2的整数都可以写成三个质数之和
  - 任一大于2的偶数都可以写成两个质数之和（欧拉）

  * a+b 问题（殆素数法）
    - 华罗庚，"3+4" "2+3" "1+5" "1+4" 王元、潘承洞，"1+2" 陈景润

求解过程（搜索）：
对**一定范围内数字**进行
遍历+条件判断

搜索相关的问题（二）

- **黑白棋落子问题（求可能落子位置）**
  - 落子和棋盘上任一枚己方的棋子在一条直线上夹着对方棋子
  - 否则不能落子，改由对方落子

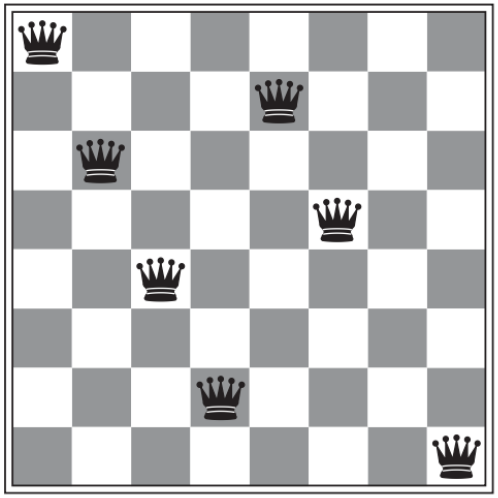


中间的四颗棋子在游戏开始前预先放置好

求解过程（搜索）：
对**一定范围内的状态**进行**遍历+条件判断**

搜索相关的问题（三）

- **八皇后问题**
  - 把八个皇后放在棋盘上（8*8）



求解过程（搜索）：
构造搜索空间进行**遍历+条件判断**

搜索相关的问题（三）

- **斗地主出牌问题（求可能出牌选择）**
  - 牌型规定：
    - 单、对、三、三加一、三加二、顺子、炸弹

求解过程（搜索）：
构造搜索空间进行**遍历+条件判断**

简单搜索问题

- **确定搜索空间：**
  - 搜索空间较为明确：范围不大、容易穷举
  - 搜索空间不够清晰：构造搜索空间包含所有可能的解
- **搜索方法：**
  - 对搜索空间内的所有状态进行遍历+条件判断
- **优化：**
  - 减少搜索空间大小、提高遍历效率……

基于知识/规则的条件判断

- **如何判断状态/动作是否合法/可行（Valid/Applicable）？**
  - 水仙花数的定义
  - 质数的定义
  - 皇后布局的规则
  - 黑白棋的某个落子合法性-黑白棋落子规则
  - 斗地主的某种出牌合法性-斗地主出牌规则
  - ……

条件判断：
根据**知识/规则**进行**合法性或可行性**判断

搜索相关的问题（四）

- **华容道**
  - 将曹操移至出口
- **8-puzzle：将数字有序排列**

7	2	4
5		6
8	3	1

Start State

	1	2
3	4	5
6	7	8

Goal State

求解：需要找到一个能够达到目标状态的动作序列

8-puzzle示例来自于：Artificial Intelligence: A Modern Approach

搜索相关的问题（四）

- **最短路径问题**
  - 部分点之间有路径
    - 列表或字典进行存储
  - Arad -> Urziceni
  - Drobeta -> Neamt
  - ……
- **华容道（最小移动次数）**

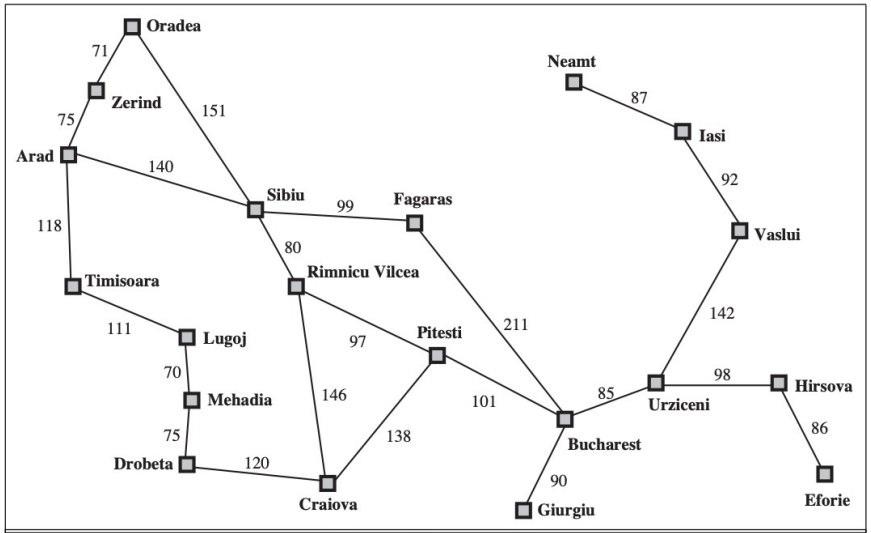


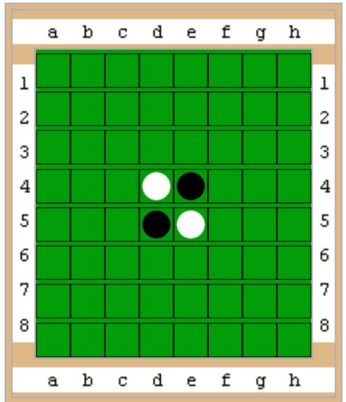
Figure 3.2 A simplified road map of part of Romania.

示例来自于：Artificial Intelligence: A Modern Approach

求解：需要找到所有能够达到目标状态的动作序列，并从中找到符合条件的一个序列

搜索相关的问题（五）

- **黑白棋自动对弈**
  - 在终局时保有最多棋子
- **斗地主自动对弈**
  - 最先出完手牌



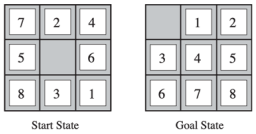
中间的四颗棋子在游戏开始前预先放置好

求解：需要找到一个能够在博弈中达到目标状态的动作序列（目标达成还取决于对手的行动）

相对复杂的搜索问题

- **搜索空间复杂、难以直接遍历**
  - 包含多个动作构成的序列
  - 每个动作都对结果产生影响

- **如何构造一个搜索问题?**
  - 初始状态（initial state）
  - 动作（action）
    - 判断动作是否可行（applicable）
  - 状态转换（state transmission）
  - 穷举所有的可能性?



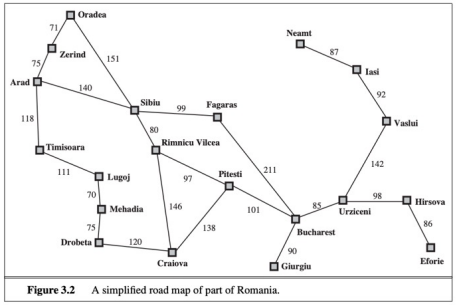
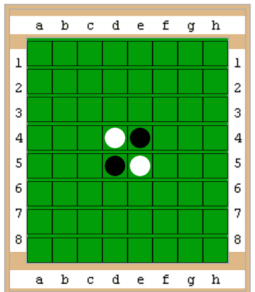


Figure 3.2 A simplified road map of part of Romania.


中间的四颗棋子在游戏开始前预先放置好

动作"搜索"

- **一般情况下，存在一个或多个合法的动作：**
  - 如：**当前状态下，**所有落子方法（黑白棋）、所有出牌方法（斗地主）、所有可以移动的城市（最短路径）、所有可以移动的人物（华容道）

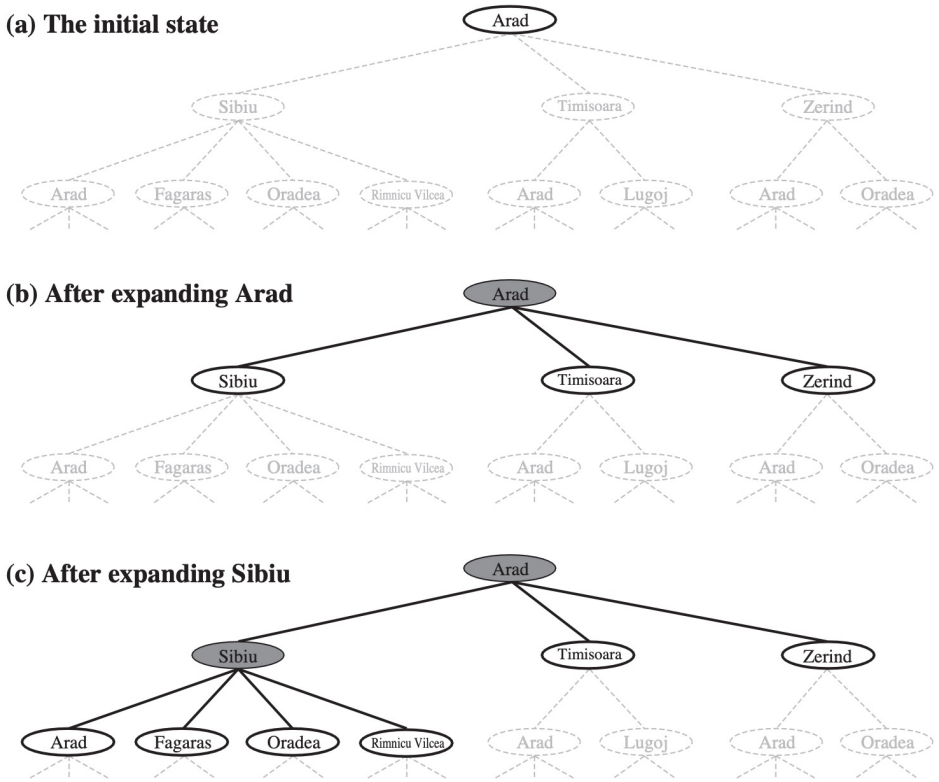
- **动作空间一般相对较小，可以通过穷举方式进行搜索**
- **动作合法性可以通过知识/规则进行条件判断**
- **（类似于前述简单搜索问题）**

状态搜索

- **从初始状态出发**
- **当前状态下，执行某合法动作，状态发生改变（transmission）**
  - 影响动作和合法性的状态
    - 如：当前的对弈格局、当前所处的城市等
  - 影响终局形势的状态（代价cost/奖赏reward）
    - 如：剩余手牌数、移动步数等
- **重复上条步骤，直到达到终止状态结束**
  - 搜索结果：所有经过的状态/动作构成的序列
- **如果存在多条到达终止状态的路径，根据条件进行选择**
  - 如：最短移动路径、最少移动步数、最多剩余棋子数等

状态搜索示例

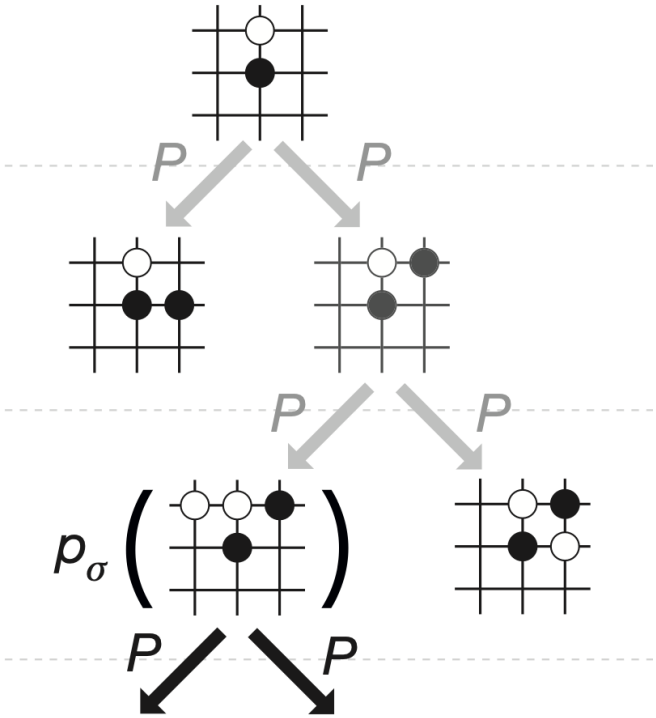
- 从给定城市出发进行搜索



示例来自于：Artificial Intelligence: A Modern Approach

状态搜索示例

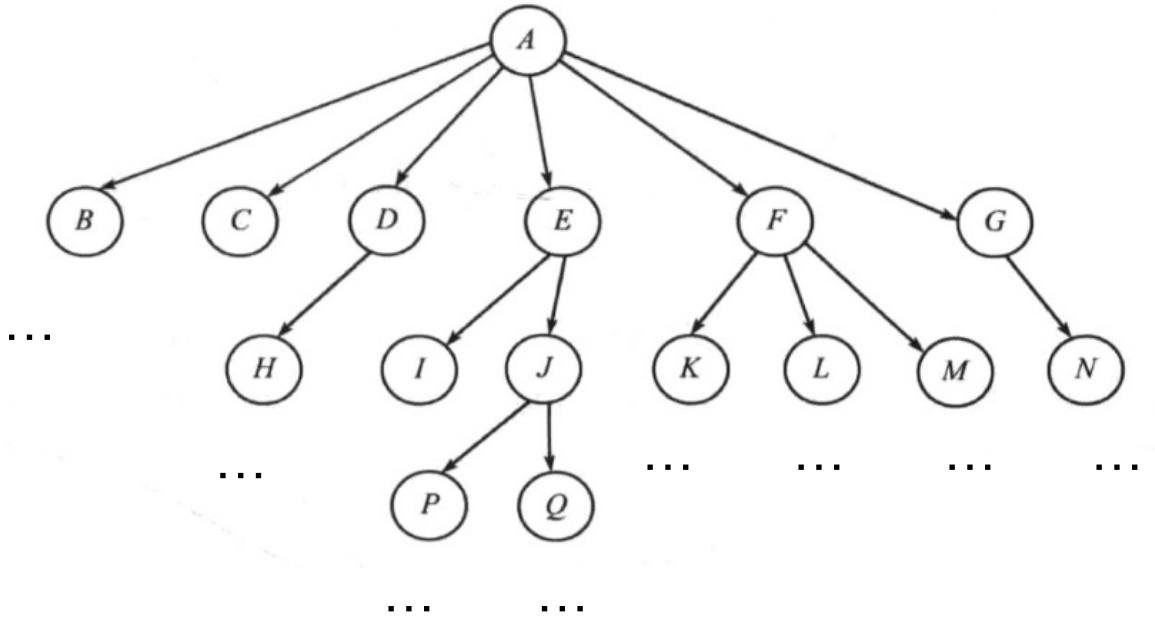
- 从给定状态出发进行搜索



from AlphaGo Paper: Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search

状态搜索树

- **通用情形：在一个树形结构中进行搜索**
  - A为初始状态，某一个或多个状态为终止状态
  - 每个状态可执行动作不同
  - 执行动作后状态相应发生变化



搜索基本方法

- **Uninformed Search（Blind Search）**
  - 如果能够高效遍历所有可能，则可得到确定的解（穷举）
  - 重点：不重复、不遗漏
    - 设计遍历的方法、顺序（深度优先、广度优先）……
- **Informed Search**
  - 每次选择当前看来最好的解（贪心搜索，Greedy Search）
    - 如：吃子最多的落子（黑白棋）、距离最短的城市（最短距离）、出牌最多的走法（斗地主）……
    - 不一定能够保证得到正确的解
  - *保证最优选择的方法：A* Search
- **Completeness（可行解）、Optimal（最优解）、时空复杂度**
- **综合利用知识可能会得到更快的搜索速度，比如优先级**

阶段任务

- 使用搜索方法求解一些简单的问题