

# 人工智能概论

刘若展  
西安电子科技大学人工智能学院

## 第二章 状态空间表示以及问题求解

- 2.1 问题求解与状态空间表示法
- 2.2 图搜索策略
- 2.3 盲目式搜索
- 2.4 启发式搜索



人工智能学院

### 2.2 图搜索策略

1. 状态图搜索
2. 状态图搜索过程
3. 状态图搜索--例题
4. 图搜索分类



人工智能学院

## 引言

- 问题表示是问题求解所必须的，从问题表示到问题的解决，有一个求解过程,也就是搜索过程。
- 状态空间法的求解过程等价于在状态空间图中搜索一条从初始节点到目标节点的路径问题。

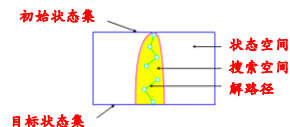
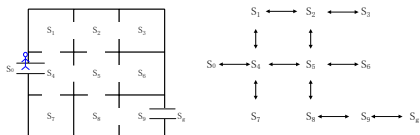


图2.4：状态空间法

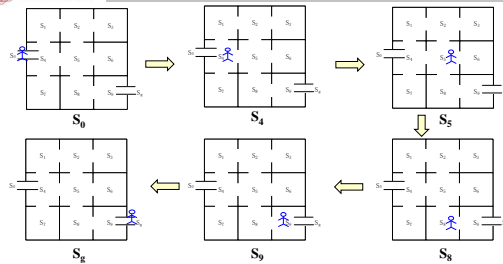
人工智能学院

- 下图是一个9格子迷宫，如果我们把该迷宫的每一个格子以及入口和出口都作为节点，把通道作为边，则该迷宫状态空间图如右图所示。
- 走迷宫其实就是从该有向图的初始节点(入口)出发，寻找通向目标节点(出口)的路径的问题。



9格子迷宫

图2.5：迷宫的状态空间图

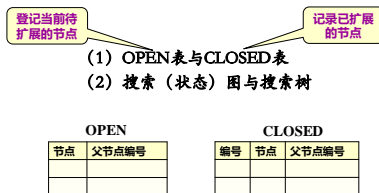


$S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_5 \rightarrow S_9 \rightarrow S_8 \rightarrow S_g$

由于搜索的目的是为了寻找初始节点到目标节点的路径，所以在搜索过程中就得随时记录搜索轨迹。

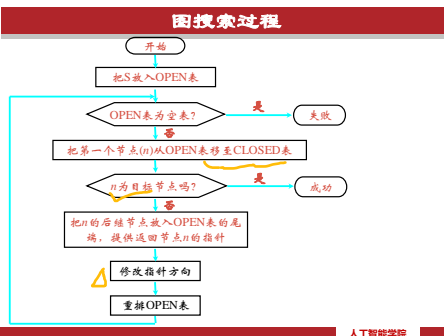
- 必须记住下一步还可以走哪些点  
OPEN表(记录待扩展的点)
- 必须记住哪些点走过了  
CLOSED表(记录已扩展的点)
- 必须记住从目标返回的路径  
每个表示状态的节点结构中必须有指向父节点的指针

所谓对一个节点进行“扩展”是指对该节点用某个可用操作进行作用，生成该节点的一组子节点（后继节点）

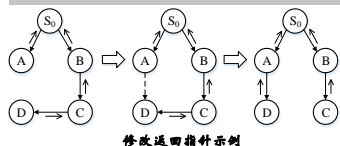


- OPEN表与CLOSED表
- 搜索（状态）图与搜索树

OPEN		CLOSED		
节点	父节点编号	编号	节点	父节点编号



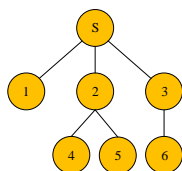
- (1) 建立一个只含有起始节点S的搜索图G, 把S放到一个叫做OPEN的未扩展节点表中 (简称OPEN表)。
- (2) 建立一个叫做CLOSED的已扩展节点表 (简称CLOSED表), 其初始为空表。
- (3) LOOP: 若OPEN表是空表, 则失败退出。
- (4) 选择OPEN表上的第一个节点, 把它从OPEN表移出并放进CLOSED表中。称此节点为节点n, 它是CLOSED表中节点的编号。
- (5) 若n为一目标节点, 则有解并成功退出, 此解是追踪图G中沿着指针从n到S这条路径而得到的 (指针将在第7步中设置)。
- (6) 扩展节点n, 同时生成不是n的祖先的那些后继节点的集合M。把M的这些成员作为n的后继节点放入图G中。
- (7) 对那些未曾在G中出现过的 (即未曾在OPEN表上或CLOSED表上出现过的) M成员设置一个返回n的指针。把M的这些成员加进OPEN表。对已在OPEN或CLOSED表上的每一个M成员, 确定是否需要更改返回n的指针方向。
- (8) 按某一任意方式或按某个假设值, 重排OPEN表。
- (9) GO LOOP。



#### 进一步说明:

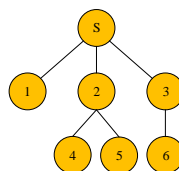
- (1) 如果搜索过程中, 某一个节点出现了2个或2个以上的父节点, 那么这时候就要进行修改指针的操作, 需要比较从初始节点到这个节点的几条的路径的代价, 选择最优路径。这个节点的指针只指向最优路径上的父节点, 其他的父节点的指针要删掉。
- (2) 例子中对路径的长短是按路径上的节点数来衡量的, 后面我们将会看到路径的长短也可以其“代价” (如距离、费用、时间等) 衡量。

- 注: 这是一个通用的搜索过程, 后面讨论的状态空间各种搜索策略都是其特例。
- 算法结束后, 将生成一个图G, 称为搜索图。同时由于每个节点都有一个指针指向父节点, 这些指针指向的节点构成G的一个支撑树, 称为搜索树。
- 从目标节点开始, 将指针指向的状态回溯起来, 即找到一条解路径。

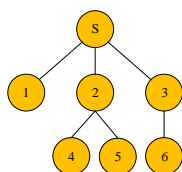


Open 表	Closed 表
{S}	{}

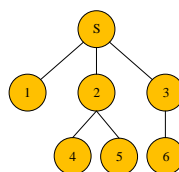
图2.6：一个例子



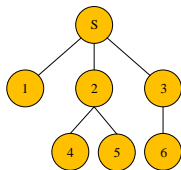
Open 表	Closed 表
{S}	{}
{}	{S}



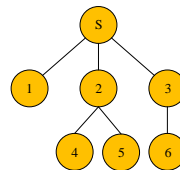
Open 表	Closed 表
{S}	{}
{}	{S}
{1,2,3}	{S}



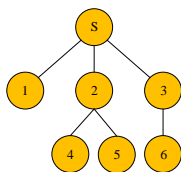
Open 表	Closed 表
{S}	{}
{}	{S}
{1,2,3}	{S}
{2,1,3}	{S}



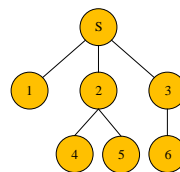
Open 表	Close 表
{S}	{}
{1}	{S}
{1,2,3}	{S}
{2,1,3}	{S}
{1,3}	{S,2}



Open 表	Close 表
{S}	{}
{1}	{S}
{1,2,3}	{S}
{2,1,3}	{S}
{1,3}	{S,2}
{1,3,4,5}	{S,2}

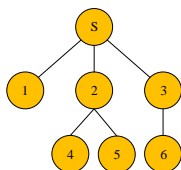


Open 表	Close 表
{S}	{}
{1}	{S}
{1,2,3}	{S}
{2,1,3}	{S}
{1,3}	{S,2}
{1,3,4,5}	{S,2}
{3,1,4,5}	{S,2}



Open 表	Close 表
{S}	{}
{1}	{S}
{1,2,3}	{S}
{2,1,3}	{S}
{1,3}	{S,2}
{1,3,4,5}	{S,2}
{3,1,4,5}	{S,2}
{1,4,5}	{S,2,3}

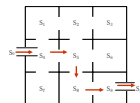
## 状态图搜索一例题一



Open 表	Closed 表
{S}	{}
{}	{S}
{1,2,3}	{S}
{2,1,3}	{S}
{1,3}	{S,2}
{1,3,4,5}	{S,2}
{3,1,4,5}	{S,2}
{1,4,5}	{S,2,3}
{1,4,5,6}	{S,2,3}

## 状态图搜索一例题二

➤ 9格子迷宫:解法一



Open 表	Closed 表
{S <sub>0</sub> }	
{S <sub>1</sub> }	{S <sub>0</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>7</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>7</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> ,S <sub>8</sub> }	{S <sub>0</sub> ,S <sub>1</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> ,S <sub>8</sub> }
{S <sub>1</sub> ,S <sub>5</sub> ,S <sub>7</sub> ,S <sub>4</sub> ,S <sub>6</sub> ,S <sub>2</sub> ,S <sub>3</sub> ,S <sub>8</sub> ,S <sub>6</sub> }	

$S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_6 \rightarrow S_8$

## 状态图搜索一例题二

➤ 9格子迷宫:解法二

$S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_2 \rightarrow S_6 \rightarrow S_3 \rightarrow S_8$



$S_0 \rightarrow S_4 \rightarrow S_2 \rightarrow S_6 \rightarrow S_3 \rightarrow S_8$



图 2.7: 九格子迷宫问题的另一种方法

## 图搜索分类

➤ 对OPEN表中节点排序方式产生了不同的搜索策略,不同的搜索策略效率不同。

➤ 这种排序可以是任意的即盲目的(属于盲目搜索),也可以用各种启发思想或其它准则为依据(属于启发式搜索)。

➤ 无信息搜索 (盲目式搜索)

- 宽度优先搜索
- 深度优先搜索
- 等代价搜索

➤ 有信息搜索 (启发式搜索)

- A\*算法
- A<sup>ε</sup>算法

图搜索策略