

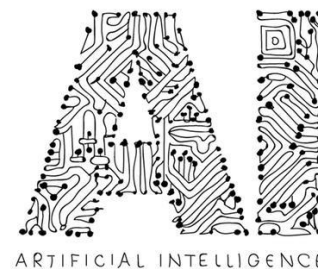


人工智能



沙瀛

信息学院
2020.3



问题搜索方法

- 搜索的含义
- 状态空间法

搜索的含义

- **搜索：**依靠经验，利用已有知识，根据问题的实际情况，不断寻找可利用知识，从而构造一条代价最小的推理路线，使问题得以解决的过程称为搜索

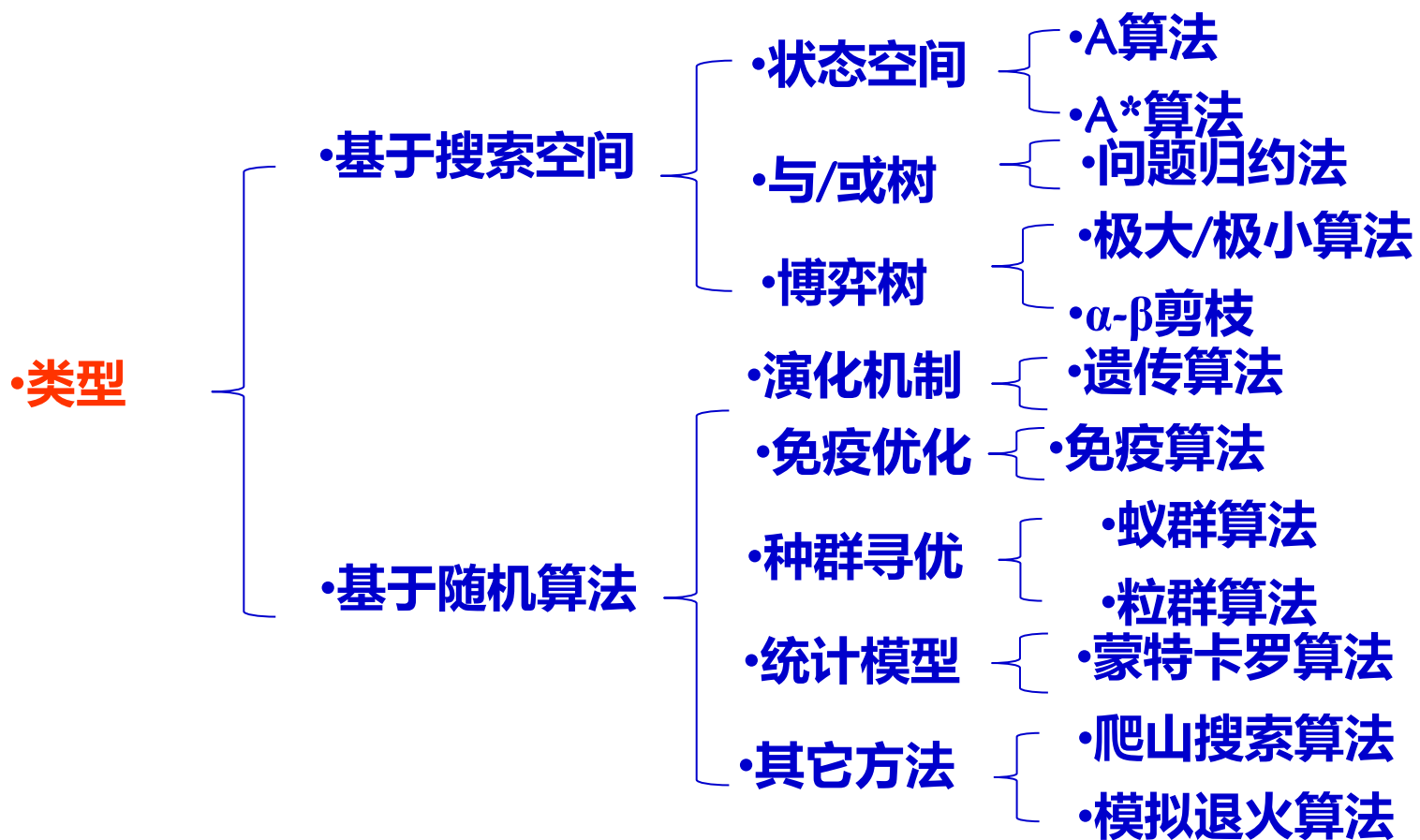
搜索的含义

- **智能搜索**：是指可以利用搜索过程得到的中间信息来引导搜索项最优方向发展的算法。



•概念

•问题搜索方法



状态空间法 (State Space Representation)

- **状态 (state)** 表示问题解法中每一步问题状况的数据结构；
- **操作、算符 (operator)** 把问题从一种状态变换为另一种状态的手段；
- **状态空间方法**：基于解答空间的问题表示和求解方法，它是以状态和操作（算符）为基础来表示和求解问题的。

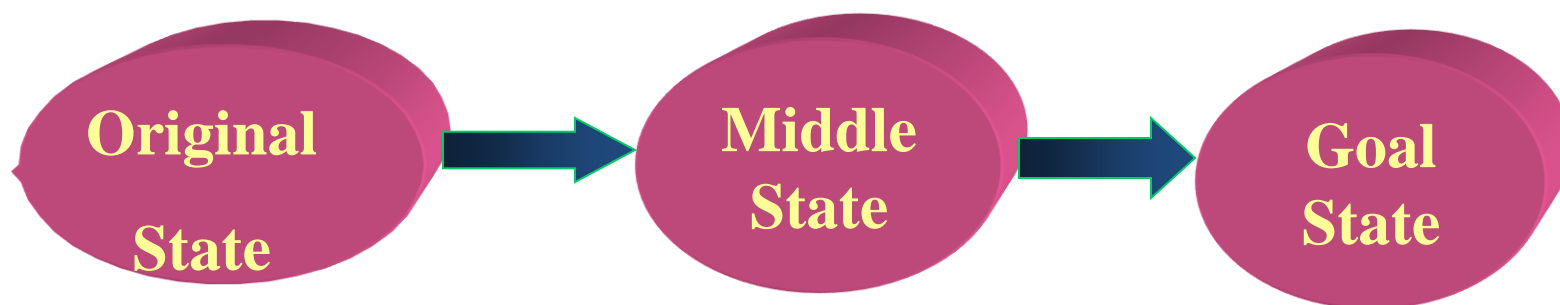
状态空间法

- **状态**：描述某类不同事物间的差别而引入的一组最少变量 q_0, q_1, \dots, q_n 的有序集合。
- **算符**：操作符可为走步、过程、规则、数学算子、运算符号或逻辑符号等。

状态空间法

- **问题的状态空间**：是一个表示该问题全部可能状态可用算符的集合，它包含三种说明的集合，即三元状态 (S, F, G) 。
- **问题的解**：从问题的初始状态集，经过一系统列的算符运算，到达目标状态，所经过算符的序列构成一个问题的解

状态空间表示概念详释

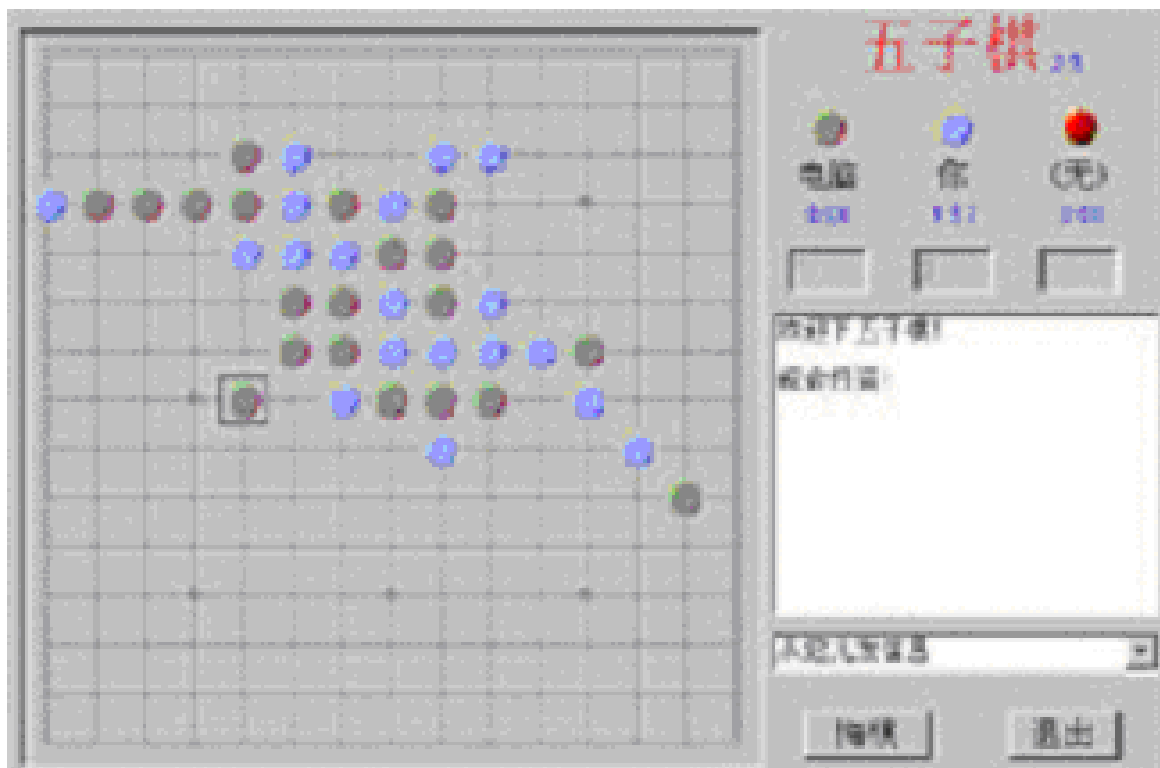


- 例如下棋、迷宫及各种游戏。



•概念

•问题搜索方法



•例子

- 例、求解重排九宫问题：将1-8随机填入九宫格中（如图a），然后利用空位移动数字，使图a变换成图b。

2	8	3
1		4
7	6	5

• (a)

8	1	3
2		4
7	6	5

• (b)

八数码问题

- 用向量
- $A = (X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8)$
- 表示, X_i 为变量, X_i 的值就是方格 X_i 内的数字。于是, 向量 A 就是该问题的状态表达式。
- 设初始状态和目标状态分别为
- $S_0 = (0, 2, 8, 3, 4, 5, 6, 7, 1)$
- $S_g = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)$



•例子

•状态图示法

X_1	X_2	X_3
X_4	X_0	X_5
X_6	X_7	X_8

2	8	3
4	0	5
6	7	1



1	2	3
4	0	5
6	7	8



•例子

•状态图示法

八数码问题

- 数码的移动规则就是该问题的状态变换规则，即操作。
- 经分析，该问题共有24条移码规则，可分为9组。

八数码问题

- 于是，八数码问题的状态图可表示为
- $(\{S_0\}, \{r_1, r_2, \dots, r_{24}\}, \{S_g\})$
- 当然，上述24条规则也可以简化为4条：
即空格上移、下移、左移、右移。不过，
这时状态(即棋局)就需要用矩阵来表示。

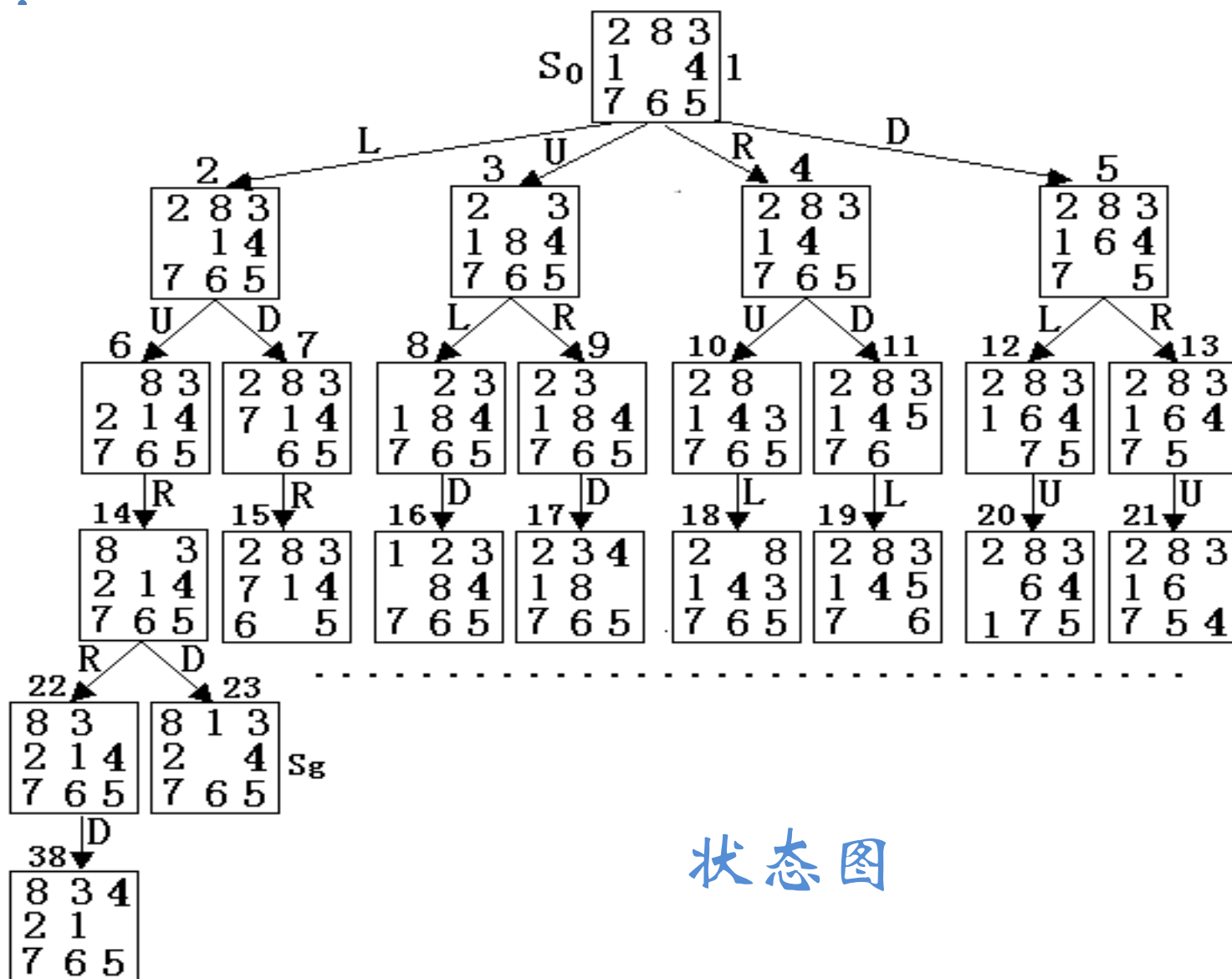
状态图示法

- 节点 (node)：图形上的汇合点；
- 弧线 (arc)：节点间的连接线；
- 有向图 (directed graph)
- 后继节点 (descendant node)
- 路径
- 代价 (cost)



问题搜索方法

例子



状态图

二阶梵塔问题

- 设有三根钢针，它们的编号分别是1号、2号和3号。在初始情况下，1号钢针上穿有A、B两个金片，A比B小，A位于B的上面。要求把这两个金片全部移到另一根钢针上，而且规定每次只能移动一个金片，任何时刻都不能使大的位于小的上面。

求解过程

- **解：** 设用 $S_k = (S_{kA}, S_{kB})$ 表示问题的状态，其中， S_{kA} 表示金片A所在的钢针号， S_{kB} 表示金片B所在的钢针号。
- 全部可能的问题状态共有以下9种：
- $S_0 = (1, 1)$ $S_1 = (1, 2)$ $S_2 = (1, 3)$ $S_3 = (2, 1)$
 $S_4 = (2, 2)$
- $S_5 = (2, 3)$ $S_6 = (3, 1)$ $S_7 = (3, 2)$ $S_8 = (3, 3)$

•例子

求解过程

- 初始状态集合
- $S=\{S_0\}$
- 目标状态集合
- $G=\{S_4, S_8\}$

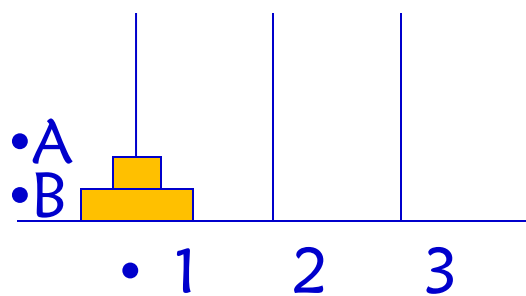


•例子

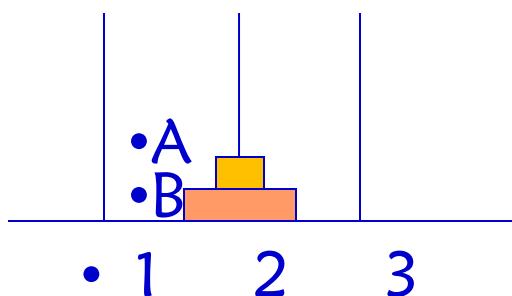
•状态图示法

求解过程

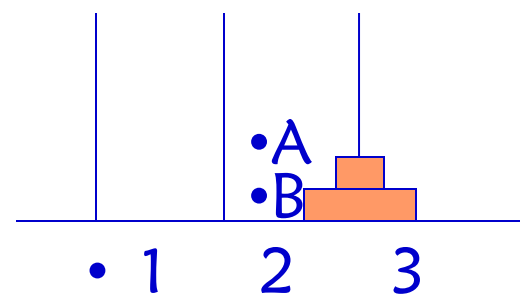
•初始状态 s_0 和目标状态 s_4 、 s_8 如下图



• $s_0 = (1, 1)$



• $s_4 = (2, 2)$



• $s_8 = (3, 3)$

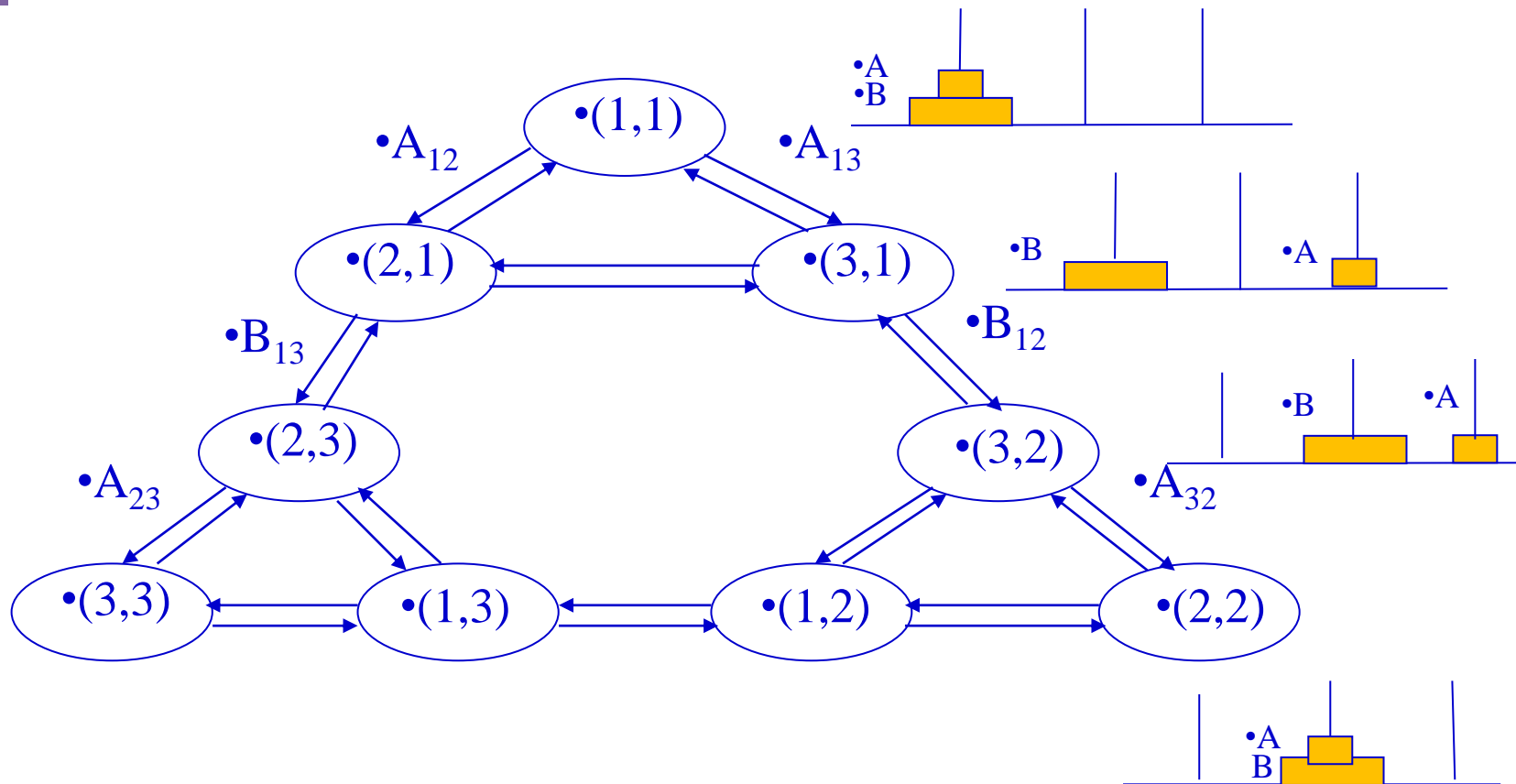
求解过程

- 操作
- A_{ij} 表示把金片A从第i号钢针移到j号钢针上;
- B_{ij} 表示把金片B从第i号钢针一到第j号钢针上。
- 共有12种操作，它们分别是：
- $A_{12} \quad A_{13} \quad A_{21} \quad A_{23} \quad A_{31} \quad A_{32}$
- $B_{12} \quad B_{13} \quad B_{21} \quad B_{23} \quad B_{31} \quad B_{32}$
- 根据上述9种可能的状态和12种操作，可构成二阶梵塔问题的状态空间图，如下图所示。



•例子

•状态图示法



求解过程

- 从初始节点(1, 1)到目标节点(2, 2)及(3, 3)的任何一条路径都是问题的一个解。其中，最短的路径长度是3，它由3个操作组成。例如，从(1, 1)开始，通过使用操作 A_{13} 、 B_{12} 及 A_{32} ，可到达(3, 3)。

修道士(Missionaries)和野人(Cannibals) 问题(简称M-C问题)

- 设在河的一岸有3个野人、3个修道士和1条船，修道士想用这条船把所有的人运到河对岸，但受以下条件的约束：
- 第一，修道士和野人都会划船，但每次船上至多可载2个人；
- 第二，在河的任一岸，如果野人数目超过修道士数，修道士会被野人吃掉。
- 如果野人会服从任何一次过河安排，请规划一个确保修道士和野人都能过河，且没有修道士被野人吃掉的安全过河计划。

•例子

求解过程

- 用一个三元组 $S=(m, c, b)$ 来表示状态
- 其中, m 表示左岸的修道士人数, c 表示左岸的野人数, b 表示左岸的船数。
- 初始状态 $S=(3,3,1)$
- 目标状态 $G=(0,0,0,)$

右岸的状态可由下式确定:

右岸修道士数 $m'=3-m$

右岸野人数 $c'=3-c$

右岸船数 $b'=1-b$

在这种表示方式下, m 和 c 都可取0、1、2、3中之一, b 可取0和1中之一。因此, 共有 $4 \times 4 \times 2 = 32$ 种状态。

初始状态



$(3,3,1)$

目标状态



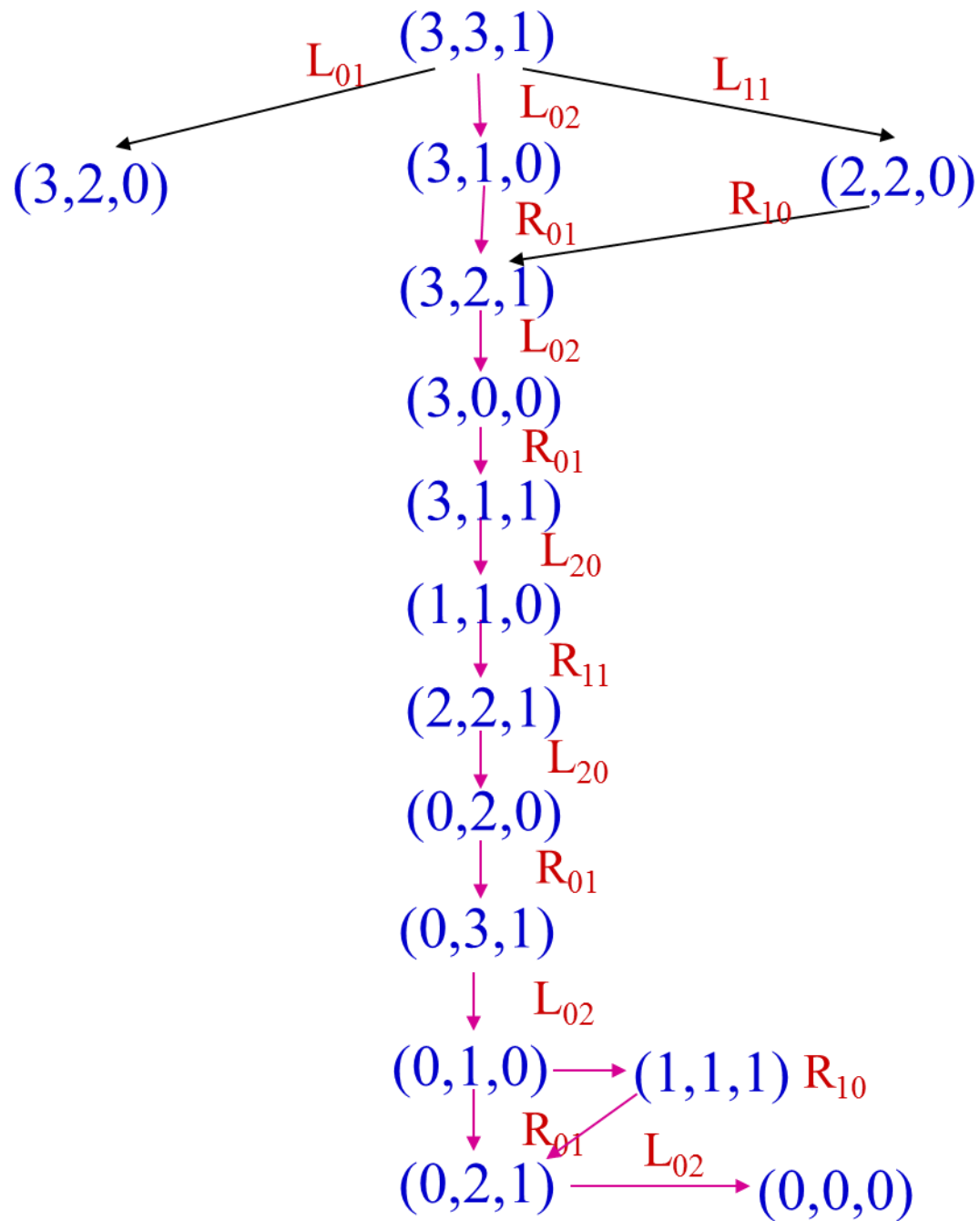
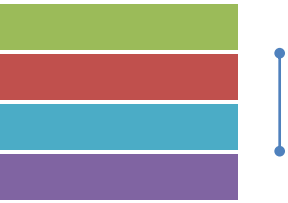
$(0,0,0)$

求解过程

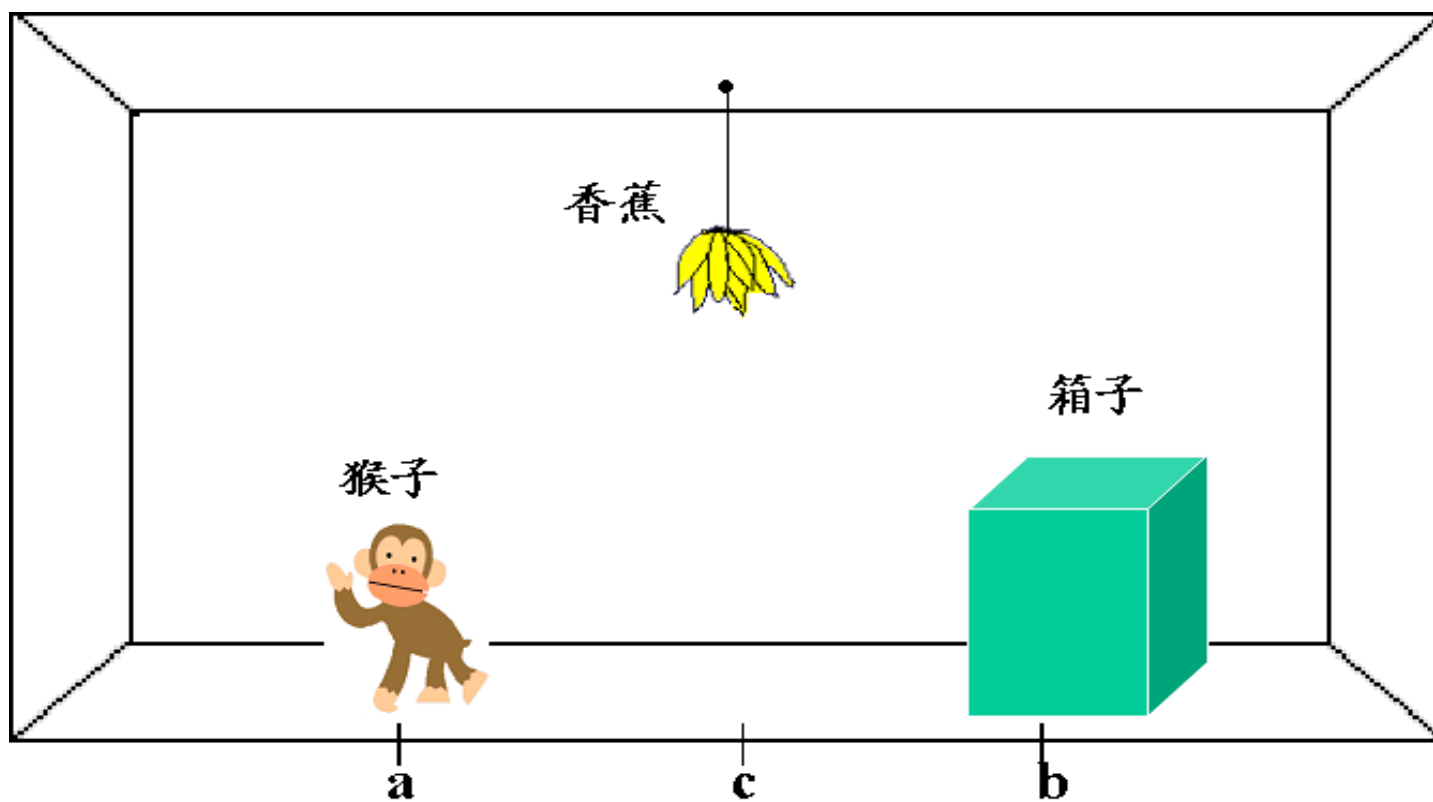
- 有效状态
- 在32种状中，除去不合法和修道士被野人吃掉的状态，有效状态只16种：
 - $S_0=(3, 3, 1)$ $S_1=(3, 2, 1)$ $S_2=(3, 1, 1)$ $S_3=(2, 2, 1)$
 - $S_4=(1, 1, 1)$ $S_5=(0, 3, 1)$ $S_6=(0, 2, 1)$ $S_7=(0, 1, 1)$
 - $S_8=(3, 2, 0)$ $S_9=(3, 1, 0)$ $S_{10}=(3, 0, 0)$ $S_{11}=(2, 2, 0)$
 - $S_{12}=(1, 1, 0)$ $S_{13}=(0, 2, 0)$ $S_{14}=(0, 1, 0)$ $S_{15}=(0, 0, 0)$

求解过程

- 操作的表示
- L_{ij} 表示有*i*个修道士和*j*个野人，从左岸到右岸的操作
- R_{ij} 表示有*i*个修道士和*j*个野人，从右岸到左岸的操作
- 操作集
- 本问题有10种操作可供选择，他们的集合称为操作集，即
- $A = \{L_{01}, L_{10}, L_{11}, L_{02}, L_{20}, R_{01}, R_{10}, R_{11}, R_{02}, R_{20}\}$



猴子和香蕉问题



解题过程

- 用一个四元表列 (W, x, Y, z) 来表示这个问题状态.
- 其中
 - W —猴子的水平位置
 - x —当猴子在箱子顶上时取 $x=1$; 否则取 $x=0$
 - Y —箱子的水平位置
 - z —当猴子摘到香蕉时取 $z=1$, 否则取 $z=0$

解题过程

这个问题的操作（算符）如下：

- **goto (U)** 表示猴子走到水平位置U
- 或者用规则表示为

$$(W, 0, Y, z) \xrightarrow{\text{goto } (U)} (U, 0, Y, z)$$

- **pushbox (V)** 猴子把箱子推到水平位置V，即有

$$(W, 0, W, z) \xrightarrow{\text{pushbox } (V)} (V, 0, V, z)$$



|

•例子

•状态图示法

解题过程

- **climbbox**猴子爬上箱顶，即有

$(W, 0, W, z) \xrightarrow{\text{climbbox}} (W, 1, W, z)$

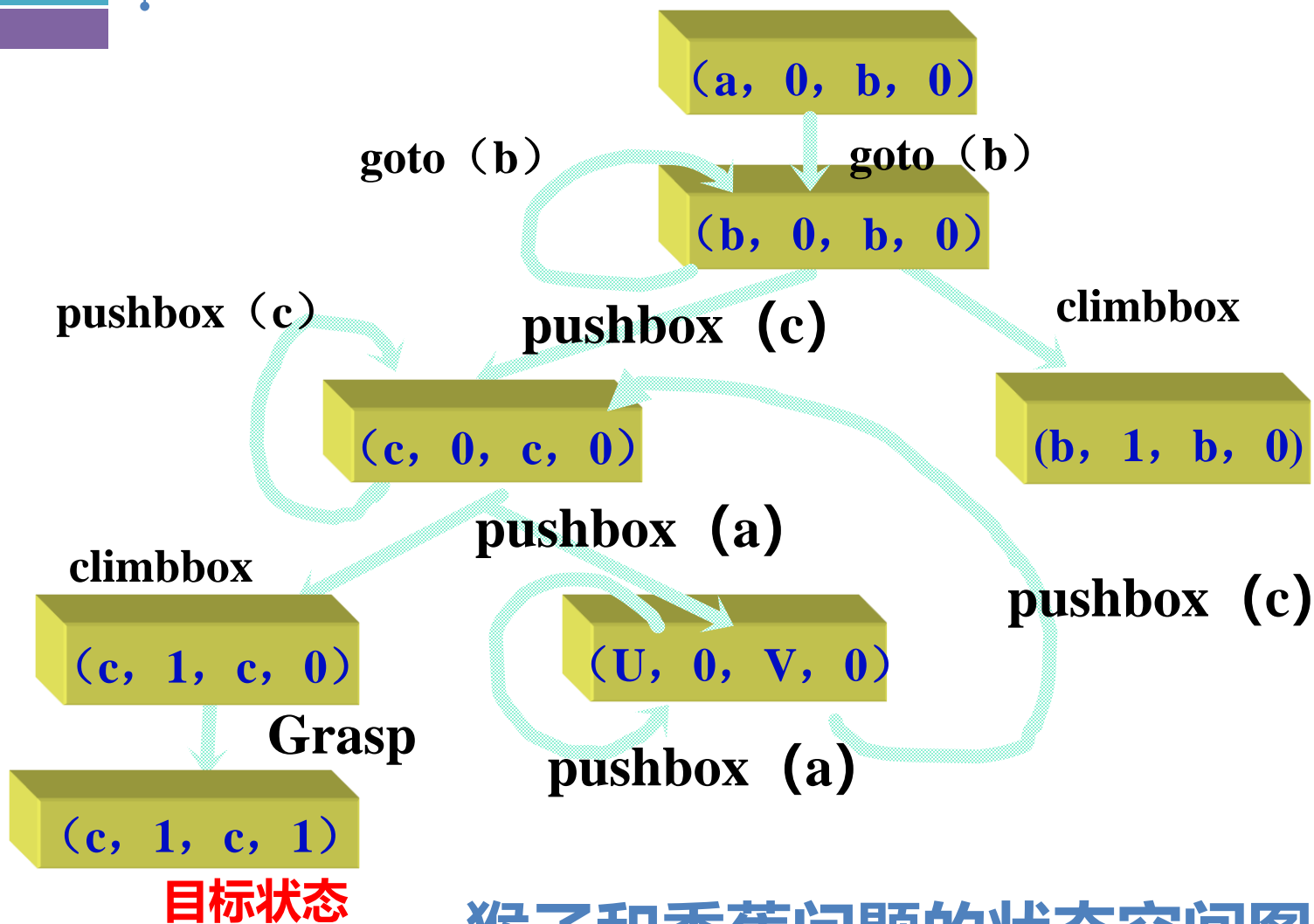
- **grasp**猴子摘到香蕉，即有

$(c, 1, c, 0) \xrightarrow{\text{grasp}} (c, 1, c, 1)$



•例子

•状态图示法



猴子和香蕉问题的状态空间图



•例子

•状态图示法

解题过程

- 该初始状态变换为目标状态的操作序列为
 $\{\text{goto}(b), \text{pushbox}(c), \text{climbbox}, \text{grasp}\}$



本节结束!

