

练习 1

阅读程序，给出执行结果，画出回溯过程图

player(peter, 9).

player(paul, 10).

player(chris, 9).

player(susan, 9).

(1) **match(X,Y):- player(X,9), player(Y,9), X<>Y.**

(2) **match(X,Y):- !, player(X,9), player(Y,9), X<>Y.**

(3) **match(X,Y):- player(X,9), !, player(Y,9), X<>Y.**

(4) **match(X,Y):- player(X,9), player(Y,9), !, X<>Y.**

(5) **match(X,Y):- player(X,9), player(Y,9), X<>Y, !.**

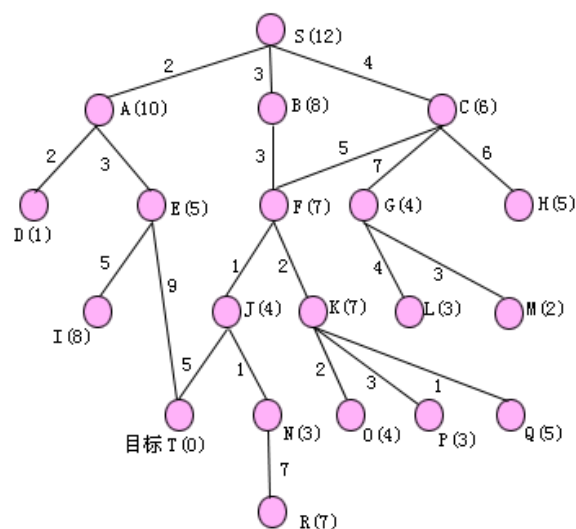
外部 goal: match(X,Y), X=? Y=?

答案

- (1) X=peter, Y=chris; X=peter, Y=susan;
X=paul, Y=peter; X=paul, Y=susan;
X=susan, Y=peter; X=susan, Y=chris
- (2) 答案同 (1)
- (3) X=peter, Y=chris; X=peter, Y=susan;
- (4) 无解
- (5) X=peter, Y=chris;

练习 2

某问题的状态空间图如下图所示，其中括号内标明的是各节点的 h 值，弧线边的数字是该弧线的耗散值，



试用下列算法求解从初始节点 S 到目标节点 T 的路径。

- (1) 广度优先
- (2) 深度优先
- (3) 全局择优法
- (4) 最小代价法
- (5) A 算法

(要求画出搜索图，标明各节点的 f 值，及各节点的扩展次序，写出每步扩展中 OPEN 和 CLOSED 表的内容，并给出求得的解路径)。

- (1) 广度优先

步骤	OPEN 表	CLOSED 表
1	S	
2	A, B, C	S
3	B, C, D, E,	S, A
4	C, D, E, F	S, A, B
5	D, E, F, G, H	S, A, B, C
6	E, F, G, H	S, A, B, C, D
7	F, G, H, I, T	S, A, B, C, D, E
8	G, H, I, T, J, K	S, A, B, C, D, E, F
9	H, I, T, J, K, L, M	S, A, B, C, D, E, F, G
10	I, T, J, K, L, M	S, A, B, C, D, E, F, G, H
11	T, J, K, L, M	S, A, B, C, D, E, F, G, H, I
12	J, K, L, M	S, A, B, C, D, E, F, G, H, I, T

注：OPEN 表的左端为队头，右端为队尾

路径：S→A→E→T

- (2) 深度优先

步骤	OPEN 表	CLOSED 表
1	S	
2	A, B, C	S
3	D, E, B, C	S, A
4	E, B, C	S, A, D
5	I, T, B, C	S, A, D, E
6	T, B, C	S, A, D, E, I
7	B, C	S, A, D, E, I, T

注：OPEN 表的左端为栈顶，右端为栈底

(3) 全局择优法

步骤	OPEN 表	CLOSED 表
1	(C, 6), (B, 8), (A, 10)	(S,12)
2	(G, 4), (H, 5), (F, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6)
3	(M, 2), (L, 3), (H, 5), (F, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4)
4	(L, 3), (H, 5), (F, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4), (M, 2)
5	(H, 5), (F, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4), (M, 2), (L, 3)
6	(F, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4), (M, 2), (L, 3), (H,5)
7	(J,4), (K, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4), (M, 2), (L, 3), (H,5), (F, 7),
8	(T, 0), (N, 3), (K, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4), (M, 2), (L, 3), (H,5), (F, 7), (J,4),
9	(N, 3), (K, 7), (B, 8), (A, 10)	(S,12), (C, 6), (G, 4), (M, 2), (L, 3), (H,5), (F, 7), (J,4), (T, 0)

路径: S→C→F→J→T

(4) 最小代价法

步骤	OPEN 表	CLOSED 表
1	(A, 2), (B, 3), (C, 4)	(S,0)
2	(B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5)	(S,0), (A, 2),
3	(C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6)	(S,0), (A, 2), (B, 3),
4	(D, 4), (E, 5), (F, 6), (H,10), (G,11)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4),
5	(E, 5), (F, 6), (H,10), (G,11)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4),
6	(F, 6), (I, 10), (H,10), (G,11), (T,14)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5)
7	(J, 7), (K, 8), (I, 10), (H,10), (G,11), (T,14)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6)
8	(K, 8), (N, 8), (I, 10), (H,10), (G,11), (T,12)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7)
9	(N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10), (G,11), (P, 11), (T, 12)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8)
10	(Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10), (G,11), (P, 11), (T, 12), (R, 15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8)
11	(I, 10), (H,10), (O, 10), (G,11), (P, 11), (T, 12), (R, 15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9)

12	(H,10), (O, 10), (G,11), (P, 11), (T, 12), (R, 15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9), (I, 10),
13	(O, 10), (G,11), (P, 11), (T, 12), (R, 15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10)
14	(G,11), (P, 11), (T, 12), (R, 15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10)
15	(P, 11), (T, 12), (M, 14), (R, 15), (L,15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10), (G, 11)
16	(T, 12), (M, 14), (R, 15), (L,15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10), (G, 11), (P, 11)
17	(M, 14), (R, 15), (L,15)	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E, 5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10), (G, 11), (P, 11), (T, 12)

路径: S→B→F→J→T

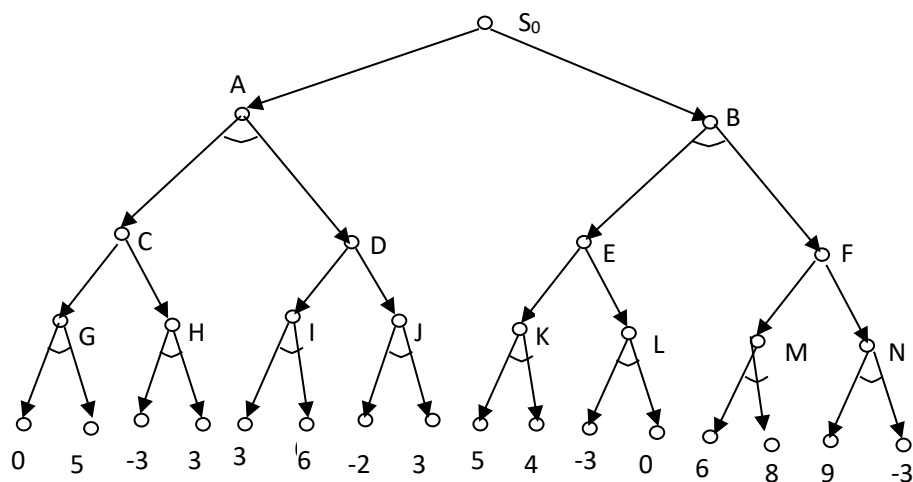
(5) A 算法

步骤	OPEN 表	CLOSED 表
1	(C, 10), (B, 11), (A, 12)	(S,12)
2	(B, 11), (A, 12), (G, 15), (H, 15), (F, 16)	(S,12), (C, 10)
3	(A, 12), (F,13), (G, 15), (H, 15)	(S,12), (C, 10), (B, 11)
4	(D, 5), (E, 10), (F,13), (G, 15), (H, 15)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12)
5	(E, 10), (F,13), (G, 15), (H, 15)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D, 5)
6	(F,13), (T, 14), (G, 15), (H, 15), (I, 18)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D, 5), (E, 10)
7	(J, 11), (T, 14), (G, 15), (H, 15), (K, 15), (I, 18)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D, 5), (E, 10), (F,13)
8	(N, 11), (T, 12), (G, 15), (H, 15), (K, 15), (I, 18)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D, 5), (E, 10), (F,13), (J, 11)
9	(T, 12), (G, 15), (H, 15), (K, 15), (I, 18)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D, 5), (E, 10), (F,13), (J, 11), (N, 11)
10	(G, 15), (H, 15), (K, 15), (I, 18)	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D, 5), (E, 10), (F,13), (J, 11), (N, 11), (T, 12)

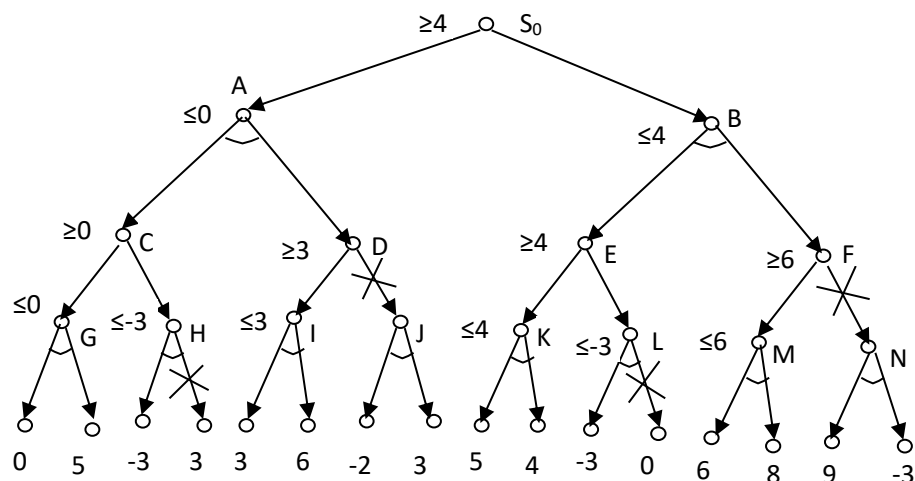
路径: S→B→F→J→T

课练 3

图示博弈树，其中末一行的数字为假设的估值，请利用 α - β 剪枝技术剪去不必要的分枝。
(在节点及边上直接加注释)



答案:



倒推值和剪枝情况

谓词逻辑课堂练习

8. 将下列语句翻译成汉语语句，其中 $R(x)$ 是“ x 是一只兔子”， $H(x)$ 是“ x 跳跃”，论域是所有动物。

- a) $\forall x(R(x) \rightarrow H(x))$ b) $\forall x(R(x) \wedge H(x))$ c) $\exists x(R(x) \rightarrow H(x))$ d) $\exists x(R(x) \wedge H(x))$

9. 令 $P(x)$ 为语句“ x 说俄语”， $Q(x)$ 为语句“ x 了解计算机语言 C++”。用 $P(x)$ 、 $Q(x)$ 、量词和逻辑联接词表示下列各句子，量词的论域为你校全体学生的集合。

- a) 你校有个学生既会说俄语又了解 C++。 b) 你校有个学生会说俄语，但不了解 C++。
c) 你校所有学生或会说俄语，或了解 C++。 d) 你校没有学生会说俄语或了解 C++。

(下题仅做奇数序号)

23. 使用谓词、量词和逻辑联接词，以两种方式将下列语句翻译成逻辑表达式。首先，令论域为班上的学生，其次，令论域为所有人。
- a) 班上有人会说印地语。
 - b) 班上的每个人都很友好。
 - c) 班上有个学生不是出生在加利福尼亚。
 - d) 班上有个学生曾演过电影。
 - e) 班上没有学生上过逻辑编程课程。

(下题仅做 a, c)

37. 用谓词和量词表达下列语句。
- a) 一名飞机乘客如果在一年中飞行的里程超过 25 000 英里，或在那一年坐飞机的次数超过 25 次，就表明他是高贵乘客。
 - b) 一名男选手，若他的马拉松比赛过去最好成绩在 3 小时内，他就有资格参赛。一名女选手，若她的过去最好成绩在 3.5 小时内，她就有资格参赛。
 - c) 一名学生要想取得硕士学位，必须至少修满 60 个学分，或至少修满 45 个学分并通过硕士论文答辩，并且所有必修课程的成绩不低于 B。
 - d) 有某个学生在一个学期内修了 21 个学分并且全部课程的成绩都为 A。
59. 令 $P(x)$ 、 $Q(x)$ 和 $R(x)$ 分别为语句“ x 是教授”、“ x 无知”和“ x 爱虚荣”。用量词、逻辑联接词和 $P(x)$ 、 $Q(x)$ 、 $R(x)$ 表达下列语句。假定论域是所有人的集合。
- a) 没有无知的教授。
 - b) 所有无知者均爱虚荣。
 - c) 没有爱虚荣的教授。
 - d) 能从 a) 和 b) 推出 c) 吗？若不能，有没有一个正确的结论？

(下题仅做奇数序号)

12. 令 $I(x)$ 为语句“ x 能上因特网”， $C(x, y)$ 为语句“ x 和 y 在因特网上交谈过”，其中 x 和 y 的论域是你们班上所有学生的集合。用量词表达下列语句。
- a) Jerry 没有上过因特网。
 - b) Rachel 没在因特网上与 Chelsea 交谈过。
 - c) Jan 和 Sharon 从未在因特网上交谈过。
 - d) 班上没有人与 Bob 交谈过。
 - e) 除 Joseph 以外，Sanjay 与每个人都交谈过。
 - f) 班上某人没有上过因特网。
 - g) 班上并非人人都上过因特网。
 - h) 班上恰有一人上过因特网。
 - i) 班上除一个学生外都上过因特网。
 - j) 班上上因特网的人在因特网上与班上至少另一名学生交谈过。
 - k) 班上有人上过因特网，但从未与班上其他人交谈过。
 - l) 班上有两个学生没做过网上交谈。
 - m) 班上有个学生与班上每个人都做过网上交谈。
 - n) 班上至少有两个学生没有与同一个人做过网上交谈。
 - o) 班上有两个学生，他们当中有一个与班上其余每个人都交谈过。

答案

8. Note that part (b) and part (c) are not the sorts of things one would normally say.
- a) If an animal is a rabbit, then that animal hops. (Alternatively, every rabbit hops.)
 - b) Every animal is a rabbit and hops.
 - c) There exists an animal such that if it is a rabbit, then it hops. (Note that this is trivially true, satisfied, for example, by lions, so it is not the sort of thing one would say.)
 - d) There exists an animal that is a rabbit and hops. (Alternatively, some rabbits hop. Alternatively, some hopping animals are rabbits.)

GOODS(x): x 是商品

CHEAP(x): x 便宜

BUY(x,y): x 买 y

WANT(x,y): x 需要 y

将事实化为谓词公式:

$\forall x(GOODS(x) \wedge SAIL(Supermarket, x) \rightarrow CHEAP(x))$

$\forall x(GOODS(x) \wedge CHEAP(x) \wedge WANT(Wang, x) \rightarrow BUY(Wang, x))$

$GOODS(Bicycle) \wedge SAIL(Supermarket, Bicycle)$

$WANT(Wang, Bicycle)$

$\forall x(GOODS(x) \wedge BUY(Wang, x) \rightarrow BUY(Zhao, x))$

化为子句集:

- (1) $\sim GOODS(x) \vee \sim SAIL(Supermarket, x) \vee CHEAP(x)$
- (2) $\sim GOODS(x) \vee \sim CHEAP(x) \vee \sim WANT(Wang, x) \vee BUY(Wang, x)$
- (3) $GOODS(Bicycle)$
- (4) $SAIL(Supermarket, Bicycle)$
- (5) $Want(Wang, Bicycle)$
- (6) $\sim GOODS(x) \vee \sim BUY(Wang, x) \vee BUY(Zhao, x)$

求证的题为: $BUY(Wang, Bicycle)$ 化为否定式为:

- (7) $\sim BUY(Wang, Bicycle)$

进行归结证明:

- (8) $\sim GOODS(x) \vee \sim SAIL(Supermarket, x) \vee \sim WANT(Wang, x) \vee BUY(Wang, x)$
 - (1) 与 (2) 归结
- (9) $\sim GOODS(Bicycle) \vee \sim SAIL(Supermarket, Bicycle) \vee BUY(Wang, Bicycle)$
 - (5) 与 (8) 归结 (Bicycle/x)
- (10) $\sim SAIL(Supermarket, Bicycle) \vee BUY(Wang, Bicycle)$ (3) 与 (9) 归结
- (11) $BUY(Wang, Bicycle)$ (4) 与 (10) 归结
- (12) \square (7) 与 (11) 归结

得证!

2. 赵买什么商品, 先证赵不买商品的事实。即

$\exists x(GOODS(x) \wedge BUY(Zhao, x))$, 将其化为否定式再析取一个辅助谓词得

$$\sim \text{GOODS}(u) \vee \sim \text{BUY}(\text{Zhao}, u) \vee \text{ANS}(\text{Zhao}, u)$$

根据题 1 的结果

$$(1) \quad \text{BUY}(\text{Wang}, \text{Bicycle})$$

$$(2) \quad \sim \text{GOODS}(x) \vee \sim \text{BUY}(\text{Wang}, x) \vee \text{BUY}(\text{Zhao}, x)$$

$$(3) \quad \sim \text{GOODS}(u) \vee \sim \text{BUY}(\text{Zhao}, u) \vee \text{ANS}(\text{Zhao}, u)$$

$$(4) \quad \text{GOODS}(\text{Bicycle})$$

将 (1) 到 (4) 进行归结得：

$$(5) \quad \sim \text{GOODS}(\text{Bicycle}) \vee \text{BUY}(\text{Zhao}, \text{Bicycle}) \quad (1) \text{ 与 } (2) \text{ 归结 } (\text{Bicycle}/x)$$

$$(6) \quad \text{BUY}(\text{Zhao}, \text{Bicycle}) \quad (4) \text{ 与 } (5) \text{ 归结}$$

$$(7) \quad \sim \text{BUY}(\text{Zhao}, \text{Bicycle}) \vee \text{ANS}(\text{Zhao}, \text{Bicycle}) \quad (3) \text{ 与 } (4) \text{ 归结}$$

$$(8) \quad \text{ANS}(\text{Zhao}, \text{Bicycle}) \quad (6) \text{ 与 } (7) \text{ 归结}$$

因此解答为赵买自行车。

5. (10 分) 已知有 A、B 两个箱子和 27 号、28 号两个房间，且 A 不在 27 号房中就在 28 号房中，假设机器人知道

(1) 27 号房间中的所有箱子都比 28 号房间中的小；

(2) 箱子 B 在 27 号房间中且 B 不比 A 小。

用给定谓词表示已知条件和结论，并用归结原理证明 A 在 27 号房间中。

提示：给定谓词如下：

$I(x, y)$: x 在 y 号房中

$S(x, y)$: x 比 y 小

答案：

将相关命题表达为谓词公式

$$F1: I(A, 27) \vee I(A, 28)$$

$$F2: \forall x \forall y (I(x, 27) \wedge I(y, 28) \rightarrow S(x, y))$$

$$F3: I(B, 27) \wedge \neg S(B, A)$$

$$G: I(A, 27)$$

求子句集： $F1 \wedge F2 \wedge F3 \wedge \neg G$

- (1) $I(A, 27) \vee I(A, 28)$
- (2) $\neg I(x, 27) \vee \neg I(y, 28) \vee S(x, y)$
- (3) $I(B, 27)$
- (4) $\neg S(B, A)$
- (5) $\neg I(A, 27)$

归结：

- (6) $I(A, 28)$ ((1)、(5) 归结)
- (7) $\neg I(B, 27) \vee \neg I(A, 28)$ ((4)、(2) 归结, B/x, A/y)
- (8) $\neg I(B, 27)$ ((6)、(7) 归结)
- (9) 空子句 ((8)、(3) 归结)

问题得证。

6. (10 分) 给定下表数据，如果采用 ID3 算法构建决策树，应该首选哪个属性进行划分？为什么？（请写出具体的计算过程）。

人员	眼睛颜色	头发颜色	所属人种
1	黑色	黑色	黄种人
2	蓝色	金色	白种人
3	灰色	金色	白种人
4	蓝色	红色	白种人
5	灰色	红色	白种人
6	黑色	金色	混血
7	灰色	黑色	混血
8	蓝色	黑色	混血

具体求解过程参见课件例子