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,!.

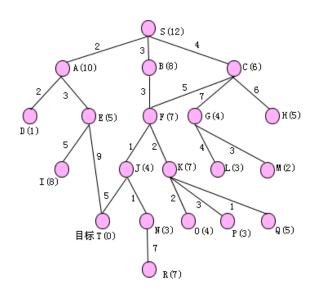
外部 goal: match(X,Y), X=? Y=?

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

(要求画出捜索图,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	В, С	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),	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E,
	(T,12)	5), (F, 6), (J, 7)
9	(N, 8), (Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10),	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E,
	(G,11), (P, 11), (T, 12)	5), (F, 6), (J, 7), (K, 8)
10	(Q,9), (I, 10), (H,10), (O, 10), (G,11), (P,	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E,
	11), (T, 12), (R, 15)	5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8)
11	(I, 10), (H,10), (O, 10), (G,11), (P, 11), (T,	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E,
	12), (R, 15)	5), (F, 6), (J, 7), (K, 8), (N, 8), (Q,9)

12	(H,10), (O, 10), (G,11), (P, 11), (T, 12),	(S,0), (A, 2), (B, 3), (C, 4), (D, 4), (E,	
12			
	(R, 15)	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

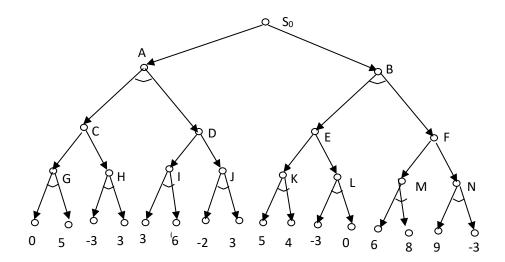
(5) A 算法

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,	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D,	
	18)	5), (E, 10), (F,13)	
8	(N, 11), (T, 12), (G, 15), (H, 15), (K, 15), (I,	(S,12), (C, 10), (B, 11), (A, 12), (D,	
	18)	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)	

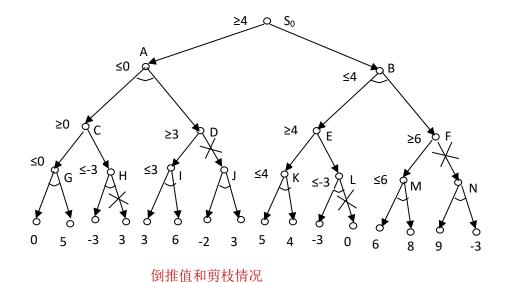
路径: S→B→F→J→T

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:



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) $\forall x(R(x) \land H(x))$ c) $\exists x(R(x) \rightarrow H(x))$ d) $\exists x(R(x) \land H(x))$
- 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. 用调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。
 - 1)班上有两个学生没做过两上交谈。
 - 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.)

9. a) $\exists x (P(x) \land Q(x))$

b) $\exists x (P(x) \land \neg Q(x))$

c) $\forall x(P(x) \lor Q(x))$

- d) $\forall x \neg (P(x) \lor Q(x))$
- 23. 令 C(x)为命题函数"x 在你的班上"。
 - a) $\exists x H(x)$ 和 $\exists x (C(x) \land H(x))$,其中 H(x)是"x 会说印地语"。
 - b) $\forall x F(x)$ 和 $\forall x (C(x) \rightarrow F(x))$, 其中 F(x) 是"x 很友好"。
 - c) $\exists x \neg B(x)$ 和 $\exists x (C(x) \land \neg B(x))$, 其中 B(x)是"x 出生在加利福尼亚"。
 - d) $\exists x M(x)$ 和 $\exists x (C(x) \land M(x))$, 其中 M(x) 是"x 曾演过电影"。
 - e) $\forall x \neg L(x)$ 和 $\forall x (C(x) \rightarrow \neg L(x))$, 其中 L(x) 是"x 上过逻辑编程课程"。
- 37. a) ∀ x((F(x, 25 000) ∀ S(x, 25))→E(x)), 其中 E(x)是"某人 x 在指定年份中是贵宾乘客", F(x, y)是"x 在指定年份飞行里程超过y 英里",S(x,y)是"x 在指定年份乘坐航班次数超过y 次"。
 - b) $\forall x(((M(x) \land T(x, 3))) \lor (\neg M(x) \land T(x, 3.5))) \rightarrow Q(x))$, 其中 Q(x)是"某人 x 有资格参加本 次马拉松",M(x)是"x 是男性",T(x, y)是"x 跑马拉松的时间不超过y 小时"。
 - c)*M*→((*H*(60) ∨ (*H*(45) ∧ *T*)) ∧ ∀ *y*、*G*(*B*, *y*)), 其中 *M* 是命题"学生取得硕士学位", *H*(*x*)是 "学生至少修过x个学分",T是命题"学生撰写了硕士论文",G(x, y)是"学生在课程y上的成绩
 - d) $\exists x((T(x, 21) \land G(x, 4.0)), 其中 T(x, y)$ 是"某人 x 修了多于 y 个学分", G(x, p)是"x 获得 了平均绩点p"。
- 59. a) $\forall x(P(x) \rightarrow \neg Q(x))$
 - b) $\forall x(Q(x) \rightarrow R(x))$
 - c) $\forall x (P(x) \rightarrow \neg R(x))$
 - d)不能得出结论。可能会有爱虚荣的教授,因为前提并没有排除无知者以外还有其他爱虚荣的人。
- 12. The answers to this exercise are not unique; there are many ways of expressing the same propositions symbolically. Note that C(x,y) and C(y,x) say the same thing.
- b) $\neg C(\text{Rachel}, \text{Chelsea})$ c) $\neg C(\text{Jan}, \text{Sharon})$
- d) $\neg \exists x \, C(x, \text{Bob})$
- h) $\exists x \forall y (x = y \leftrightarrow I(y))$ i) $\exists x \forall y (x \neq y \leftrightarrow I(y))$
- e) $\forall x(x \neq \text{Joseph} \leftrightarrow C(x, \text{Sanjay}))$ f) $\exists x \neg I(x)$ g) $\neg \forall x I(x)$ (same as (f))
 - $\mathbf{j}) \ \forall x(I(x) \to \exists y(x \neq y \land C(x,y)))$
- k) $\exists x (I(x) \land \forall y (x \neq y \rightarrow \neg C(x, y)))$ l) $\exists x \exists y (x \neq y \land \neg C(x, y))$ m) $\exists x \forall y C(x, y)$
- n) $\exists x \exists y (x \neq y \land \forall z \neg (C(x, z) \land C(y, z)))$ o) $\exists x \exists y (x \neq y \land \forall z (C(x, z) \lor C(y, z)))$

课练:基于谓词逻辑的问题求解

- 5*、假设已知下列事实: (10分)
- (1) 超市(Supermarket) 卖(Sail)的商品(Goods)便宜(Cheap)。
- (2) 王(Wang) 买(Buy) 需要的(Want) 便宜商品。
- (3) 自行车(Bicycle)是商品且超市卖自行车。
- (4) 王需要自行车。
- (5)赵(Zhao)跟随王买同样的商品。

请应用归结反演证明方法回答以下问题:

- (1) 王买自行车吗?
- (2) 赵买什么商品?

SAIL(x,y): 在 x 处卖 y

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:

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

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

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

WANT(Wang, Bicycle)

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

化为子句集:

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

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) $\sim GOODS(x) \lor \sim SAIL(Supermarket, x) \lor \sim WANT(Wang, x) \lor BUY(Wang, x)$ (1) 与 (2) 归结
- (9) ~ GOODS(Bicycle)∨~ SAIL(Supermarket, Bicycle)∨ BUY(Wang, Bicycle)

 (5) 与 (8) 归结 (Bicycle/x)
- (10) ~ SAIL(Supermarket, Bicycle) ∨ BUY(Wang, Bicycle) (3) 与 (9) 归结
- (11) *BUY(Wang, Bicycle)* (4) 与(10) 归结
- (12) □ (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

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

 $\sim GOODS(u) \lor \sim BUY(Zhao, u) \lor ANS(Zhao, u)$

根据题1的结果

- (1) *BUY*(*Wang*, *Bicycle*)
- (2) $\sim GOODS(x) \lor \sim BUY(Wang, x) \lor BUY(Zhao, x)$
- (3) $\sim GOODS(u) \lor \sim BUY(Zhao, u) \lor ANS(Zhao, u)$
- (4) *GOODS*(*Bicycle*)

将(1)到(4)进行归结得:

- (5) ~ GOODS(Bicycle) ∨ BUY(Zhao, Bicycle) (1) 与 (2) 归结 (Bicycle/x)
- (6) *BUY(Zhao, Bicycle*) (4) 与 (5) 归结
- (7) ~ BUY(Zhao, Bicycle) ∨ ANS(Zhao, Bicycle) (3) 与 (4) 归结
- (8) *ANS(Zhao, Bicycle*) (6) 与 (7) 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

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

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

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

G: I(A. 27)

求子句集: F1∧F2∧F3∧¬G

- (1) $I(A, 27) \lor I(A, 28)$
- (2) $\neg I(x, 27) \lor \neg I(y, 28) \lor S(x, y)$
- (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) ¬I(B, 27) ∀¬I(A, 28) ((4)、(2) 归结, B/x, A/y)

(8) ¬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