

1. 对于下列活动，分别给出任务环境的 PEAS 描述。

- 足球运动
- 探索 Titan 的地下海洋
- 在互联网上购买 AI 旧书
- 打一场网球比赛
- 对墙壁练网球
- 完成一次跳高
- 织一件毛衣
- 在一次拍卖中队一个物品投标

2.

**传教士和野人问题**通常描述如下：三个传教士和三个野人在河的一边，还有一条能载一个人或者两个人的船。找到一个办法让所有的人都渡到河的另一岸，要求在任何地方野人数都不能多于传教士的人数（可以只有野人没有传教士）。这个问题在 AI 领域中很著名，因为它是第一篇从分析的观点探讨问题形式化的论文的主题（Amarel, 1968）

- a. 精确地形式化该问题，只描述确保该问题有解所必需的特性。画出该问题的完全状态空间图。
- b. 用一个合适的搜索算法实现和最优地求解该问题。检查重复状态是个好主意吗？
- c. 这个问题的状态空间如此简单，你认为为什么人们求解它却很困难？

3. 什么是  $\alpha$ - $\beta$  剪枝法，结合博弈树说明算法的搜索过程。

4.

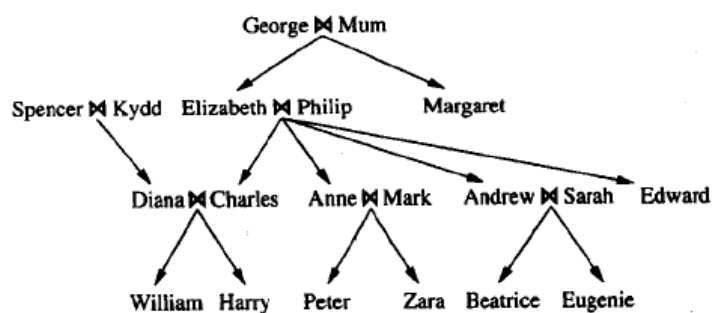
对以下两个问题给出精确的约束满足问题的形式化：

- a. **直线地面规划**：在一个大的矩形里找到不重叠放置许多小矩形的方法。
- b. **授课日程安排**：给定了固定数量的教授和教室，一个可提供课程的清单，以及可能安排课程的时间段清单。每个教授有他（或她）能教的课程列表。

5.

写出描述谓词 *GrandChild* (孙子女)、*GreatGrandparent* (曾祖父母)、*Brother* (兄弟)、*Sister* (姐妹)、*Daughter* (女儿)、*Son* (儿子)、*Aunt* (姑/姨)、*Uncle* (叔/舅)、*BrotherInLaw* (姐夫/妹夫)、*SisterInLaw* (兄嫂/弟妹) 和 *FirstCousin* (第一代姑表亲) 的公理。找出隔了  $n$  代的第  $m$  代姑表亲的合适定义，并用一阶逻辑写出该定义。

现在，写出图 中所示的家族树的基本事实。采用适当的逻辑推理系统，把你已经写出的所有语句 TELL 系统，并 ASK 系统：谁是 Elizabeth 的孙子女，Diana 的姐夫/妹夫和 Zara 的曾祖父母？



一棵典型家族树。符号“&”连接配偶，箭头指向孩子

# 人工智能基 2017 年第二学期期中考试试题

考试形式：

考试时间：120 分钟

1. (智能 Agent) 什么是 Agent?什么是理性的 Agent?理性的 Agent 一定能产生完美的结果吗? 如果不能, 为什么? (10 分)

Agent 是能够行动的某些东西, 就是可以感知环境并在环境中行动的事物;

理性的 Agent 就是做事正确的 Agent,对每一个可能的感知序列, 根据已知的感知序列提供的证据和 Agent 具有的先验知识, 理性的 Agent 应该选择能使其性能度量最大化的行动;

不一定, 因为同样的 Agent 在不同的环境下就会变成非理性的。理性是使期望的性能最大化, 而完美是使实际的性能最大化。

2. (无信息与有信息搜索) 考虑 Figure 1, 其中 A 是开始结点, G 是目标结点, 边上的数字代表两个结点之间的实际代价, 结点上的数字代表结点到达目标结点的评估代价。
  - a) 使用一致代价搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(10 分)
  - b) 使用 A\*搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(15 分)

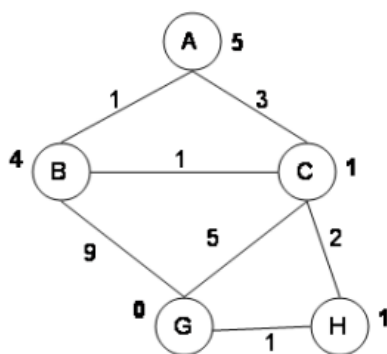


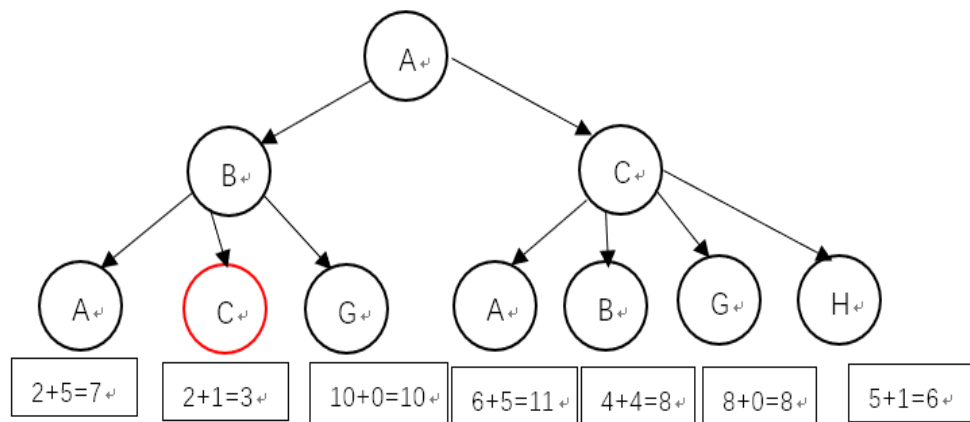
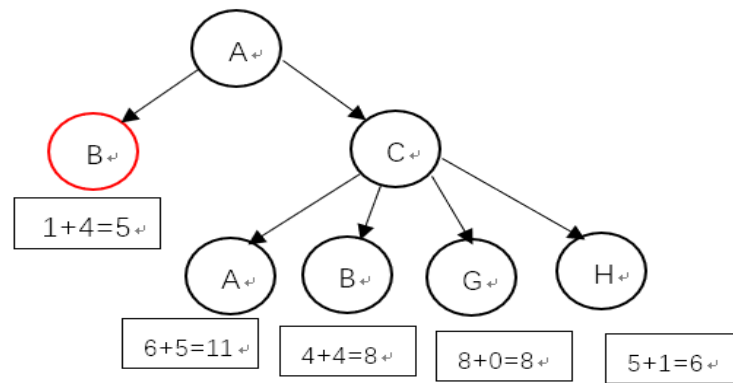
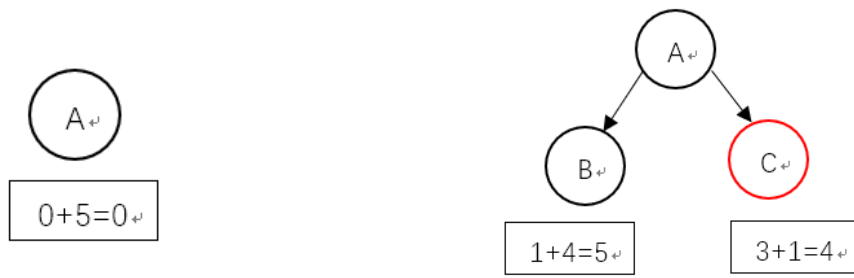
Figure 1. 搜索树

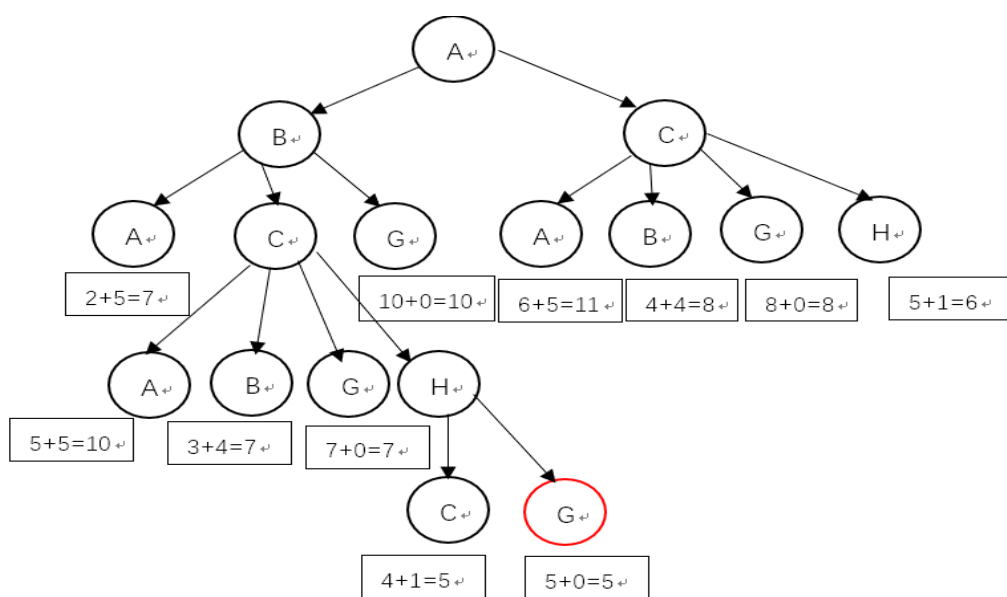
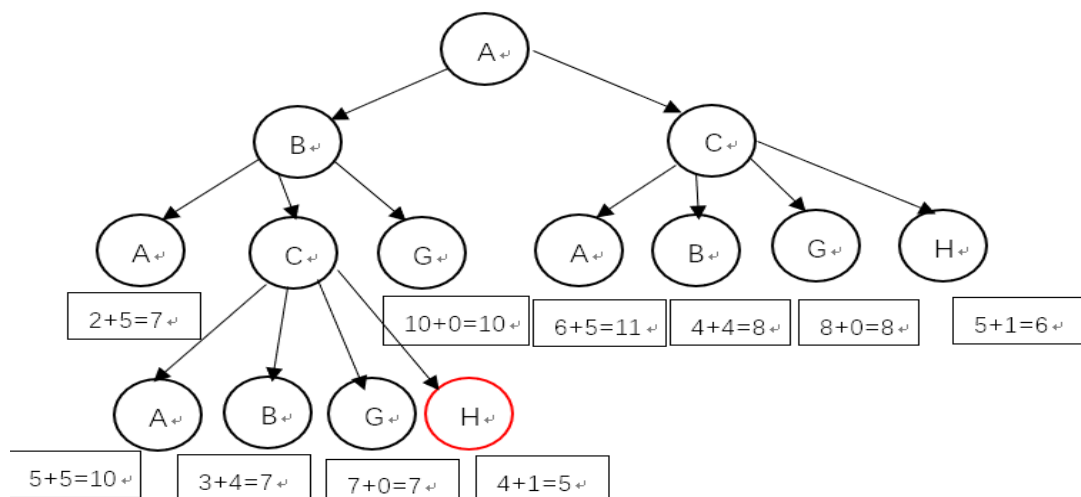
a, 解:

	入队	出队	队列
1	A		{(A,0)}
2	B,C	A	{(B,1),(C,3)}
3	C,G	B	{(C,2),(G,10)}
4	G,H	C	{(H,4),(G,7)}
5	G	H	{(G,5)}
6		G	空

因此最后的路径为 A-B-C-H-G, 代价为 5。

b, 解





点的扩展顺序为 A-C-B-C-H,

最优路径为 A-B-C-H-G, 代价为 5

	选择扩展的点	Frontier
		(5,A)
1	A	(5,B,A) <b>(4,C,A)</b>
2	C	<b>(5,B,A)</b> (11,A,C,A) (8,G,C,A) (6,H,C,A)
3	B	(7,A,B,A) <b>(3,C,B,A)</b> (8,G,C,A) (6,H,C,A)
4	C	(7,G,C,B,A) <b>(5,H,C,B,A)</b>
5	H	(5,G,H,C,B,A)

3. (博弈问题) 考虑 Figure 2 中的博弈树，图中叶子结点标注了相对于 MAX 选手的效用函数值。

- 如果根结点是 max 选手，运用极小极大值算法计算 MAX 选手在根结点的决策。(10 分)
- 运用 alpha-beta 剪枝算法对 Figure 2 中的搜索树进行剪枝，要求结点从左到右进行访问，不要求对每一步进行画图，只要给出最终的结果即可。(15 分)

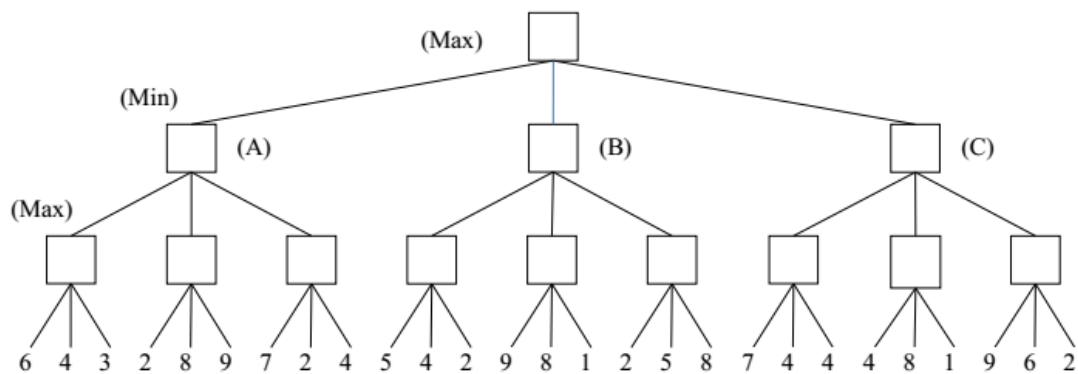
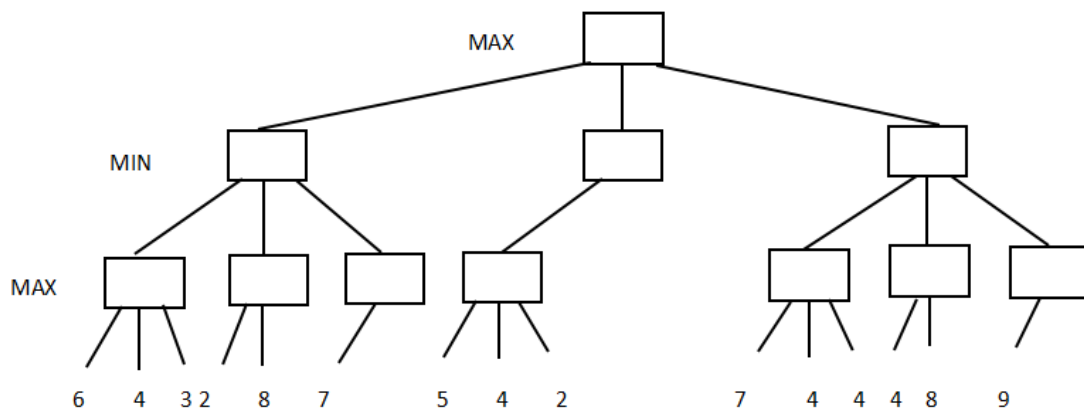


Figure 2. 搜索树

解：a)第三层是 MAX 结点的极小极大值分别为 6,9,7; 5,9,8; 7,8,9;对应第二层的 MIN 节点 A,B,C 的极小极大值分别为 6,5,7; 根是 MAX 结点，其后继结点分别为 A,B,C，所以它的极小极大值是 7，可以确定在根节点的极小极大值决策：对于 MAX 来说，根节点到 C 的行棋是最优决策。

b)得到的最终结果为下图所示：



4. (命题逻辑) 在一起案件调查中，警察询问五个嫌疑者试图弄清楚是谁偷了 X 先生的宝石(有且仅有一个小偷)，以下是关于这五个嫌疑者的供词：

Arnold: (i)不是 Edward (ii)是 Brian  
 Brian: (i)不是 Edward (ii)不是 Charlie  
 Charlie: (i)是 Edward (ii)不是 Arnold  
 Derek: (i)是 Charlie (ii) 是 Brian  
 Edward: (i)是 Derek (ii) 不是 Arnold

已知这 5 个人中每个人的供词有且仅有一条是真的。

a) 假定用谓词 A,B,C,D,E 分别表示“是 Arnold”、“是 Brian”、“是 Charlie”、“是 Derek”、“是 Edward”，请分别把这五个人的供词表达成命题逻辑语句，要求该语句满足 CNF 形式，且是有效的语句。(15 分)

b) 找出谁偷了 X 先生的宝石并证明 (10 分)

4.a 解:

①

$$(\neg E \cup B) \cap (E \cup \neg B)$$

②

$$(\neg E \cup \neg C) \cap (E \cup C)$$

③

$$(E \cup \neg A) \cap (\neg E \cup A)$$

④

$$(C \cup B) \cap (\neg C \cup \neg B)$$

⑤

$$(D \cup \neg A) \cap (\neg D \cup A)$$

b. 解:

⑥  $\neg C$       结论反面引入

⑦ E          ②⑥推出

⑧ B          ④⑥推出

⑨  $\neg B$       ①⑦推出

由于⑧⑨矛盾, 因此假设错误, 即 C 为真, C 偷了宝石, 解法有多种。

5. (一阶逻辑) 用一阶逻辑表达式表示下列语句, 并转化成 CNF 形式(要求自定义函数和谓词并作文字说明):

a) 一个区域的黑洞会引起相邻区域有微风。(5 分)

b) 至少有一个选修了 CS3243 的学生不讨厌该课程上的编程作业。(5 分)

c) 每一个在 2009 年第一学期选修了 CS3243 的学生都及格了。(5 分)

解: a) Hole(a): 区域 a 有黑洞;

Breezy(b): 区域 b 有微风;

Neighbor(a,b): a 区域和 b 区域相邻;

一阶逻辑表达式:

$$\forall a,b \text{ Hole}(a) \wedge \text{neighbor}(a,b) \Rightarrow \text{Breezy}(b)$$

CNF 形式:

$$\forall a,b \neg \text{Hole}(a) \vee \neg \text{neighbor}(a,b) \vee \text{Breezy}(b)$$

b) Student(x): x 是学生;

Takes(x,c): 学生 x 选修了 c 课程;

Dislike(x,c): 学生 x 讨厌课程 c 的编程作业;

CS3243 为常量;

一阶逻辑表达式:

$$\exists x \text{ Student}(x) \wedge \text{Takes}(x, \text{CS3243}) \wedge \neg \text{Dislike}(x, \text{CS3243})$$

CNF 形式:

$$\exists x \text{ Student}(x) \wedge \text{Takes}(x, \text{CS3243}) \wedge \neg \text{Dislike}(x, \text{CS3243})$$

c) Student(x): x 是学生;

Takes(x,c,s): 学生 x 在 s 学期选了 c 课程;

Passes(x,c,s): 学生 x 在 s 学期选的 c 课程及格;

CS3243,2009spring 为常量:

一阶逻辑表达式:

$$\forall x \text{ Student}(x) \wedge \text{Takes}(x, \text{CS3243}, \text{2009spring}) \Rightarrow \text{Passes}(x, \text{CS3243}, \text{2009spring})$$

CNF 形式:

$$\forall x \neg \text{Student}(x) \vee \neg \text{Takes}(x, \text{CS3243}, \text{2009spring}) \vee \text{Passes}(x, \text{CS3243}, \text{2009spring})$$



湖南大学本科生

# 课程考试命题专用纸

考试科目： 人工智能

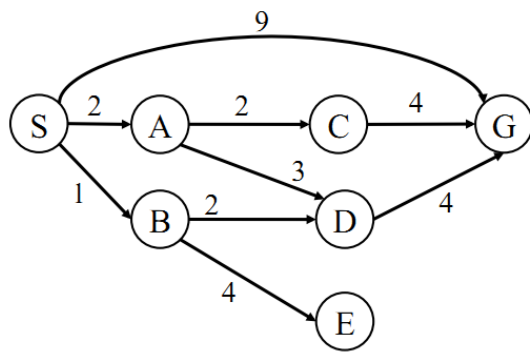
专业年级： 2016 级

考试形式： 闭卷

考试时间： 120 分钟

## 一、(本题 25 分)

图一表示一个搜索问题，其中结点表示状态，边上的数字表示状态之间的实际代价，S 为初始结点，G 为终止结点，表格中的数字表示结点到终止结点的估计代价。根据图一回答如下问题：



Heuristic						
S	A	B	C	D	E	G
6	0	6	4	1	10	0

图一：搜索状态图

a) 给出宽度优先搜索的搜索路径（5 分）；

**S-G 结果 2 分 过程 3 分**

b) 给出贪婪最佳搜索的树搜索路径，要求给出每一步的扩展结点和代价值（5 分）；

**S-G 结果 2 分 过程 3 分**

c) 给出 A\* 的树搜索路径，要求给出每一步的扩展结点和代价值（5 分）；

**S-B-D-G 结果 2 分 过程 3 分**

Algorithm progression:

Path expanded	Fringe (ordered by path + heuristic cost)
S	S-A(2+0) S-B(1+6) S-G(9+0)
S-A	S-A-D(5+1) S-B(1+6) S-A-C(4+4) S-G(9+0)
S-A-D	S-B(1+6) S-A-C(4+4) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0)
S-B	S-B-D(3+1) S-A-C(4+4) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0) S-B-E(5+10)
S-B-D	S-B-D-G(7+0) S-A-C(4+4) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0) S-B-E(5+10)
S-B-D-G	S-A-C(4+4) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0) S-B-E(5+10)

d) 给出 A\* 的图搜索路径，要求给出每一步的扩展结点和代价值（5 分）；

**S-A-C-G 结果 2 分 过程 3 分**

Algorithm progression:

Path expanded	Closed list	Fringe (ordered by path + heuristic cost)
S	S	S-A(2+0) S-B(1+6) S-G(9+0)
S-A	S A	S-A-D(5+1) S-B(1+6) S-A-C(4+4) S-G(9+0)
S-A-D	S A D	S-B(1+6) S-A-C(4+4) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0)
S-B	S A D B	S-A-C(4+4) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0) S-B-E(5+10)
S-A-C	S A D B C	S-A-C-G(8+0) S-G(9+0) S-A-D-G(9+0) S-B-E(5+10)
S-A-C-G	S A D B C G	S-G(9+0) S-A-D-G(9+0) S-B-E(5+10)

e) 比较 c,d 结果的最优性并给出解释 (5 分)

c 结果最优, d 结果非最优; (2 分)

评估函数是启发式的而非一致性的; (3 分)

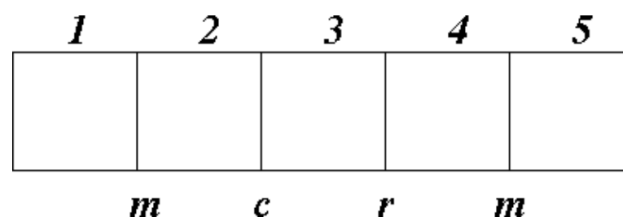
批改实际评分:

- A. 过程正确基本上给 5 分, 没有过程结果也不是以终止结点结尾的扣 1 到 2 分。
- B. 评价函数理解错误且结果错误的扣 4 分。
- C. 结果错误有过程但代价值错误减 3 到 4 分。
- D. 结果错误有过程但代价值错误减 3 到 4 分。
- E. 结论正确但解释没有提到评估函数的扣 2 分, 结论错误的扣 4 到 5 分。

## 二、(本题 25 分)

你是一个正在抓捕毒贩(D)的侦探, 有证据显示一个或者多个毒贩藏匿在一个小公寓内, 公寓总共有 5 间房, 每间房里面可能藏匿了毒贩, 但也可能是无辜的人, 包括: 成年人(A), 带有婴儿的家庭(B), 年轻人(T)。你如果想破门而入需要绝对确认毒贩在里面, 否则你可能会受到擅入民居的指控。

为了帮助你缩小搜索范围, 你可以走到两个房间的中间位置, 然后听到两个房间里发出的声音的最大值。已知年轻人听音乐的声音最大(m), 其次是小孩的哭声(c), 再者是毒贩发出的沙沙声(r), 最安静的是成年人(s)。比如说, 如果两个相邻房间一个是婴儿, 一个是年轻人, 那么你站在中间只能听到音乐声。图二展示了站在房间中间听到的声音, 请回答如下问题:



图二: 房间声音分布图

a) 给出该 CSP 问题的变量和值域 (4 分);

变量: 1, 2, 3, 4, 5 五个房间 (2 分)

值域: {A,B,D,T} 四种人 (2 分)

b) 根据图二的声音分布给出该问题的一阶约束和二阶约束内容 (6 分);

一阶: (3 分)          二阶: (3 分)

$$2 \neq T$$

$$3 \neq T$$

$$3 \neq B$$

$$4 \neq T$$

$$4 \neq B$$

$$1 = T \text{ or } 2 = T$$

$$2 = B \text{ or } 3 = B$$

$$3 = D \text{ or } 4 = D$$

$$4 = T \text{ or } 5 = T$$

c) 根据弧一致性对所有的变量进行值域缩小并给出缩小的结果（5分）；  
（每行1分）

$$\begin{array}{l} 1 \left[ \quad \quad \quad T \right] \\ 2 \left[ \quad \quad B \quad \quad \right] \\ 3 \left[ D \quad A \quad \quad \right] \\ 4 \left[ D \quad A \quad \quad \right] \\ 5 \left[ \quad \quad \quad T \right] \end{array}$$

d) 给出该 CSP 问题的所有解（6分）；（每条2分）

1	2	3	4	5
T	B	D	A	T
T	B	D	D	T
T	B	A	D	T

e) 你是否可以破门进入房间4？给出你的理由（4分）

不可以，（2分）

因为房间4里可能是成年人（2分）

批改实际评分：

a)变量全对2分，值域全对2分。只要写了就有分；

b)一阶全对3分，二阶全对3分。写对部分适当扣1-2分；有分析过程但结果错误，得1-2分。

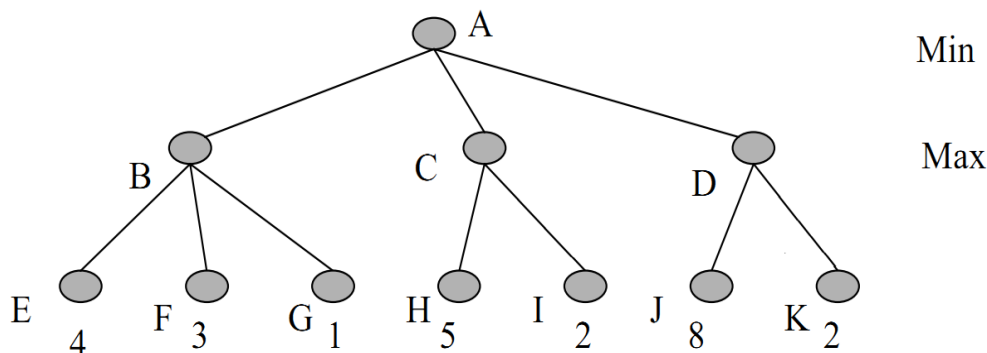
c)值域缩小结果每条1分，动笔就有分；

d)每个解2分；

e)判断2分，理由2分。

三、(本题 25 分)

考虑图三的极大极小值树，搜索顺序从左到右。



图三：极大极小值树

a) 根据极大极小值算法给出 A 结点的值并给出决策路径。（5 分）

A:4; (2 分) A-B-E (3 分)

b) 根据剪枝算法给出被剪枝的部分。（6 分）

I, K (每个 3 分)

c) 如果搜索顺序改为从右到左，被剪枝的部分还是一样吗？如果不是，给出被剪枝的部分。（6 分）

不一样, (3 分)

没有结点被剪枝 (3 分)

批改实际评分：理由正确得 6 分

d) 如果 B, C, D 结点都变为 Chance 结点，其子节点出现的概率均等，计算 A 结点的值。（8 分）

$B = (4+3+1)/3 = 8/3$  (2 分)

$C = (5+2)/2 = 7/2$  (2 分)

$D = (8+2)/2 = 5$  (2 分)

$A = \min(8/3, 7/2, 5) = 8/3$  (2 分)

#### 四、(本题 10 分)

令  $\text{Red-hair}(x)$  表示  $x$  有红色的头发， $\text{Vegetarian}(x)$  表示  $x$  喜欢吃蔬菜， $\text{Runner}(x)$  表示  $x$  喜欢跑步，把下列语句用一阶逻辑表示并转换为 CNF 形式。

a) 没有一个有红色头发的喜欢跑步的人爱吃蔬菜；（5 分）

$\forall x \text{ red-hair}(x) \wedge \text{runner}(x) \Rightarrow \text{vegetarian}(x)$  (3 分)

CNF:  $(\neg \text{red-hair}(x) \vee \text{vegetarian}(x)) \wedge (\neg \text{runner}(x) \vee \text{vegetarian}(x))$  (2 分)

b) 至少有一个红色头发的人喜欢吃蔬菜和跑步；（5 分）

$\exists x \exists y \text{ red-hair}(x) \wedge \text{runner}(x) \wedge \text{vegetarian}(x) \wedge \text{red-hair}(y) \wedge \text{runner}(y) \wedge \text{vegetarian}(y) \wedge (x \neq y)$  (3 分)

CNF:  $\text{red-hair}(C1) \wedge \text{runner}(C1) \wedge \text{vegetarian}(C1) \wedge \text{red-hair}(C2) \wedge \text{runner}(C2) \wedge \text{vegetarian}(C2) \wedge (C1 \neq C2)$  (2 分)

批改实际评分：

a) 没有一个有红色头发的喜欢跑步的人爱吃蔬菜；（5 分）

$\forall x (\text{red-hair}(x) \wedge \text{runner}(x) \Rightarrow \neg \text{vegetarian}(x))$

或  $\neg \exists x (\text{red-hair}(x) \wedge \text{runner}(x) \wedge \text{vegetarian}(x))$

其它能得出相同结论的都给 3 分

CNF:  $\neg \text{red-hair}(x) \vee \neg \text{runner}(x) \vee \neg \text{vegetarian}(x)$  2分

b) 至少有一个红色头发的人喜欢吃蔬菜和跑步; (5分)

$\exists x (\text{red-hair}(x) \wedge \text{runner}(x) \wedge \text{vegetarian}(x))$  (3分)

CNF:  $\text{red-hair}(C) \wedge \text{runner}(C) \wedge \text{vegetarian}(C)$  (2分)

没有删除全称量词扣1分

两题都错, 按推理正确性适度给分

## 五、(本题 15 分)

某单位派遣出国人员, 有赵、钱、孙三位候选人, 设用  $P(x)$  表示派  $x$  出国, 其中  $x$  可以为 zhao、qian、sun。经三人经讨论后决定:

- (1) 三人中至少派遣一人。
- (2) 如果赵去而钱不去, 则一定派孙去。
- (3) 如果钱去, 则一定派孙去。

将上述语句用一阶逻辑表示并用归结算法证明“一定会派孙出国”。

$P(\text{zhao}) \vee P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  (2分)

$P(\text{zhao}) \wedge \neg P(\text{qian}) \rightarrow P(\text{sun})$  (2分) CNF:  $\neg P(\text{zhao}) \vee P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  (1分)

$P(\text{qian}) \rightarrow P(\text{sun})$  (2分) CNF:  $\neg P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  (1分)

要证明:  $KB \rightarrow P(\text{sun})$  等价于证明  $KB \wedge \neg P(\text{sun})$  不可满足 (1分)

过程: (6分)

1.  $\neg P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  与  $P(\text{zhao}) \vee P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  归结得到  
 $P(\text{zhao}) \vee P(\text{sun})$

2.  $\neg P(\text{zhao}) \vee P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  与  $P(\text{zhao}) \vee P(\text{sun})$  归结得到  
 $P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$

3.  $P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  与  $\neg P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  归结得到  
 $P(\text{sun})$

4.  $P(\text{sun})$  与  $\neg P(\text{sun})$  归结得到空, 证明结束

批改实际评分:

$P(\text{zhao}) \vee P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  (2分)

$P(\text{zhao}) \wedge \neg P(\text{qian}) \rightarrow P(\text{sun})$  (2分) CNF:  $\neg P(\text{zhao}) \vee P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  (1分)

$P(\text{qian}) \rightarrow P(\text{sun})$  (2分) CNF:  $\neg P(\text{qian}) \vee P(\text{sun})$  (1分)

归结证明逻辑正确得7分, 未用归结证明但证明逻辑正确适当给分, 未下证明结论扣1分。

## 人工智能导论 2018 期末考试答案

### 一、(基本定义)(10 分)

什么是智能 Agent? 智能 Agent 有哪几种, 简述其原理。

• **Agent:** 感知和行为的实体; 或者, 可以被视为感知和行动的一个。基本上任何对象都有资格; 关键是对对象实现代理功能的方式。(注: 有些作者将该术语限制为代表人工作的程序, 或者限制可能导致部分或全部代码在网络上的其他计算机上运行的程序, 如在移动 Agent 中)。

• **Agent 功能:** 一种函数, 用于指定代理响应每个可能的感知序列的操作。

• **Agent 程序:** 该程序结合机器体系结构实现代理功能。在我们简单的设计中, 程序在每次调用时都会获得一个新的感知并返回一个操作。

• **合理性:** 鉴于迄今为止的知识, 选择能最大化其预期效用的行动的代理人的财产。

• **自主性:** Agent 的性质, 其行为取决于他们自己的经验, 而不仅仅是他们最初的规划。

• **反射 Agent:** 其行为仅取决于当前感知的代理。

• **基于模型的 Agent:** 一种 Agent, 其行为直接来自当前世界状态的内部模型, 并随时间更新。

• **基于目标的 Agent:** 选择其认为会实现明确表示的目标的 Agent。

• **基于效用的 Agent:** 选择它相信的操作的代理将最大化结果状态的预期效用。

• **学习 Agent:** 根据其经验, 其行为随时间推移而改善的 Agent。

### 二、(约束满足问题)(30 分)

三个本地人和三个外地人在河的一边, 还有一条能载一个人或者两个人的船。找到一个办法能使所有的人都渡到河的另一岸, 要求在任何地方外地人数都不能多于本地人数 (可以有外地人没有本地人)。

1) 请给出问题的形式化定义, 画出该问题的完全状态空间图。(12)

2) 分别用深度优先搜索、宽度优先搜索、启发式搜索算法求解该问题, 比较上述三种算法的完备性和最优性。(18)

答: 形式化定义如下:

**状态:** 用一个三元组  $s_k = (m, c, b)$  来表示河岸上的状态, 其中  $m, c \in \{0, 3\}$  分别代表某一岸上本地人与外地人的数目,  $b=1$  表示船在左岸,  $b=0$  则表示船在右岸。

**初始状态:**  $S_0 = (3, 3, 1)$

**行动:** 把船从左岸划向右岸定义为  $P_{ij}$  操作。其中, 第一个下标  $i$  表示船载的本地人数, 第二个下

标  $j$  表示船载的外地人数; 同理, 从右岸将船划回左岸称之为  $Q_{ij}$  操作。则共有 10 种操作, 操作集

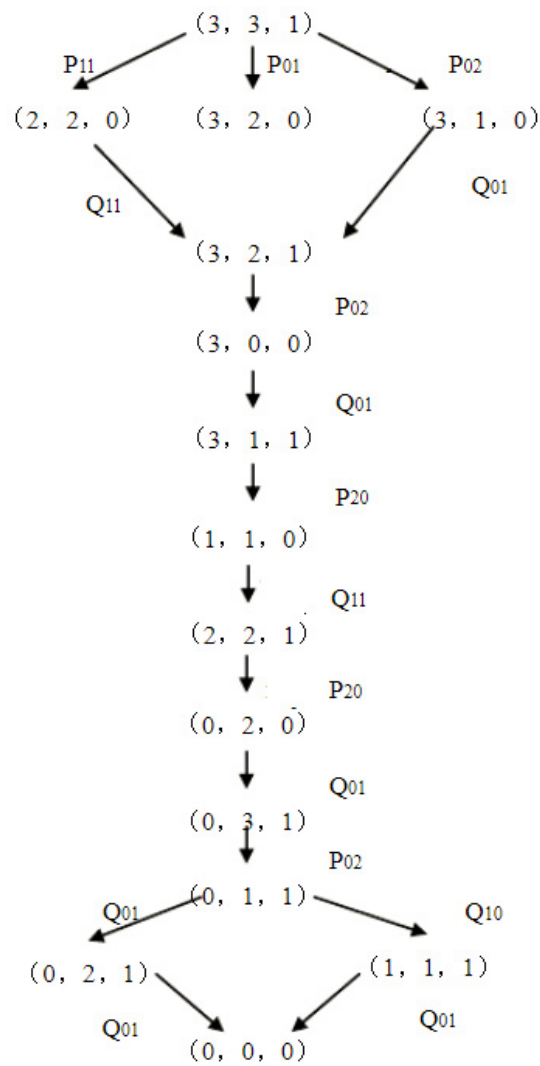
为:

$$F = \{P_{01}, P_{10}, P_{11}, P_{02}, P_{20}, Q_{01}, Q_{10}, Q_{11}, Q_{02}, Q_{20}\}$$

**目标测试:** 确定给定状态是不是目标状态  $(0, 0, 0)$

**路径消耗:** 划船次数

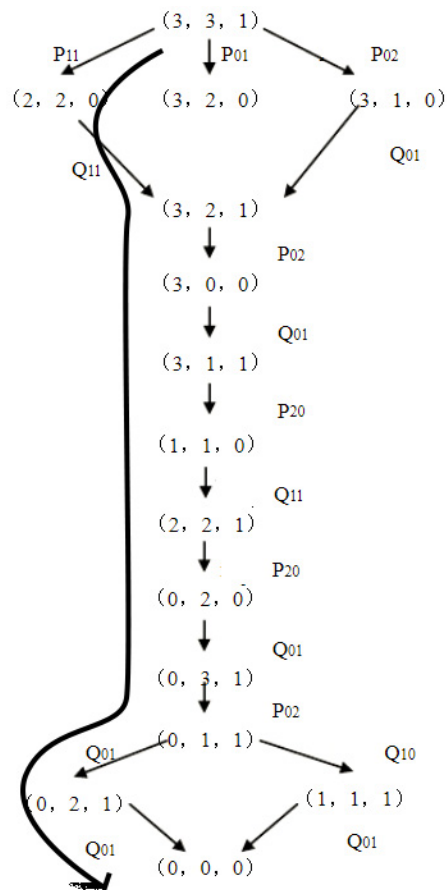
状态空间图：



- 1) 分别用深度优先搜索、宽度优先搜索、启发式搜索算法求解该问题，比较上述三种算法的完备性和最优性。（18）

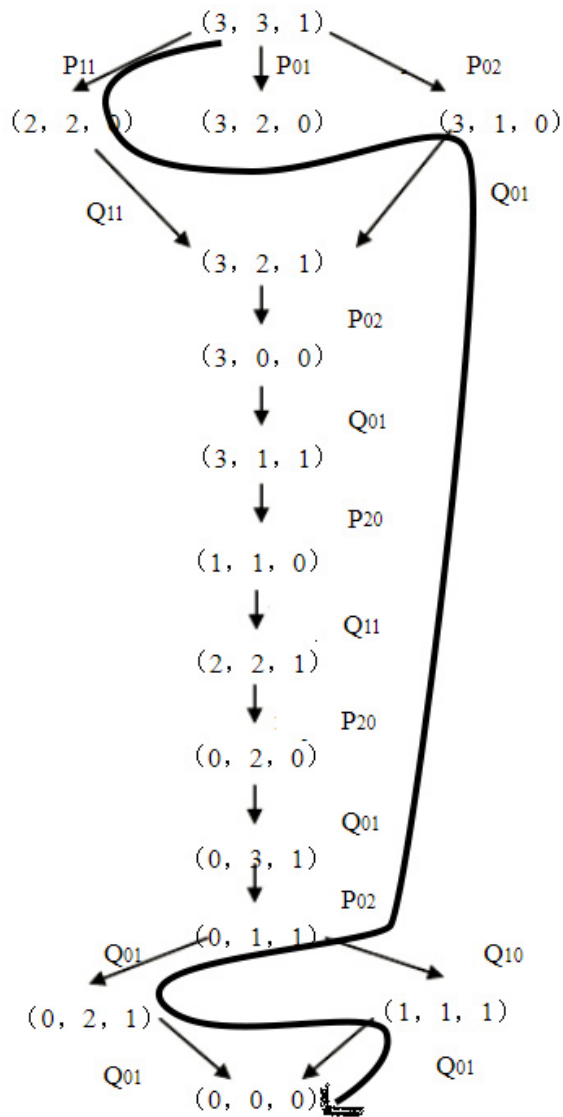
答：

DFS 搜索过程如下所示，dfs 在有限状态空间是完备、不是最优的。在该题是完备、最优的。



BFS 搜索过程如下，对于该题，路径代价是基于结点深度的非递减函数，是完备、最优的。

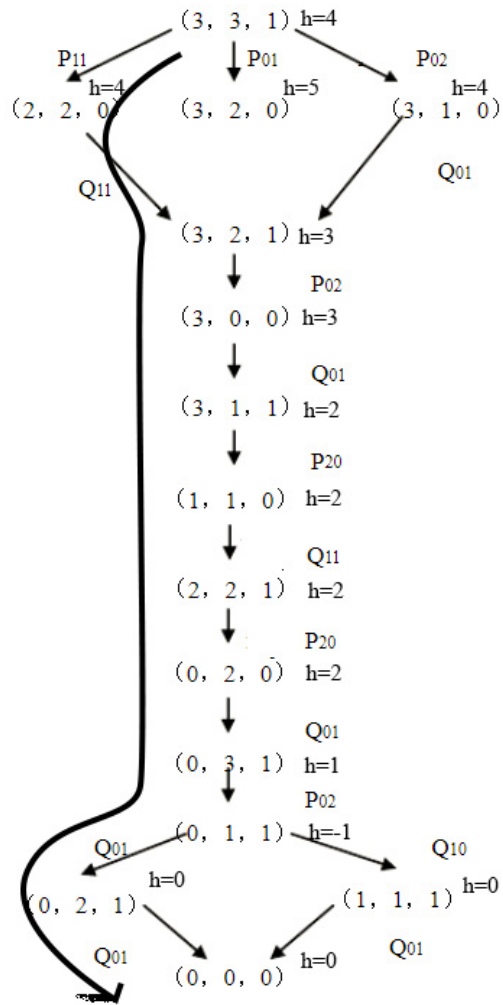




启发式：

定义启发函数  $h(s) = m + c - 2 * b$

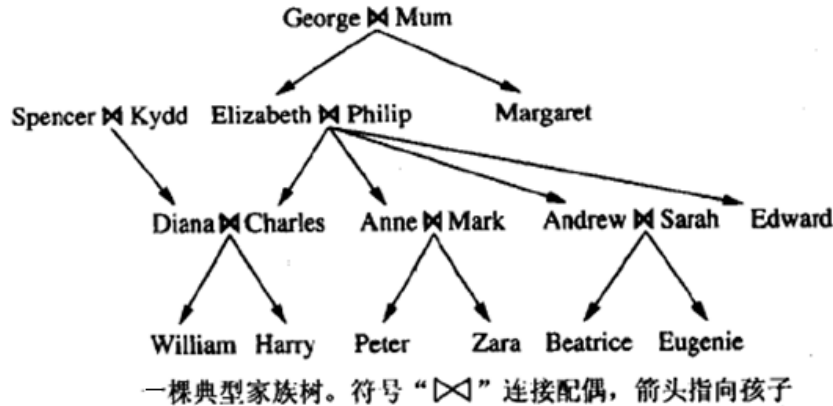
采用贪婪最佳优先搜索路径如下，一般来说贪婪最佳优先搜索不是完备、不是最优的，但在该题中完备最优。



### 三、（一阶逻辑）（20）

给出描述谓词 GrandChild（孙子女）、GreatGrandparent（曾祖父母）、Brother（兄弟）、Sister（姐妹）、Daughter（女儿）、Son（儿子）、Aunt（姑/姨）、Uncle（叔/舅）、BrotherInLaw（姐夫/妹夫）、SisterInLaw（兄嫂/弟妹）和 FirstCousin（第一代姑表亲）的公理。找到隔了 n 代的第 m 代姑表亲的合适定义，并用一阶逻辑写出该定义。

写出图中所示的家庭树的基本事实。采用适当的逻辑推理系统，把你已经写出的所有语句 TELL 系统，并 ASK 系统：谁是 Elizabeth 的孙子女，Diana 的姐夫/妹夫和 Zara 的曾祖父母？



【答案】

公理：

$Grandchild(c, a) \Leftrightarrow \exists b \ Child(c, b) \wedge Child(b, a)$   
 $Greatgrandparent(a, d) \Leftrightarrow \exists b, c \ Child(d, c) \wedge Child(c, b) \wedge Child(b, a)$   
 $Ancestor(a, x) \Leftrightarrow Child(x, a) \vee \exists b \ Child(b, a) \wedge Ancestor(b, x)$   
 $Brother(x, y) \Leftrightarrow Male(x) \wedge Sibling(x, y)$   
 $Sister(x, y) \Leftrightarrow Female(x) \wedge Sibling(x, y)$   
 $Daughter(d, p) \Leftrightarrow Female(d) \wedge Child(d, p)$   
 $Son(s, p) \Leftrightarrow Male(s) \wedge Child(s, p)$   
 $FirstCousin(c, d) \Leftrightarrow \exists p_1, p_2 \ Child(c, p_1) \wedge Child(d, p_2) \wedge Sibling(p_1, p_2)$   
 $BrotherInLaw(b, x) \Leftrightarrow \exists m \ Spouse(x, m) \wedge Brother(b, m)$   
 $SisterInLaw(s, x) \Leftrightarrow \exists m \ Spouse(x, m) \wedge Sister(s, m)$   
 $Aunt(a, c) \Leftrightarrow \exists p \ Child(c, p) \wedge [Sister(a, p) \vee SisterInLaw(a, p)]$   
 $Uncle(u, c) \Leftrightarrow \exists p \ Child(c, p) \wedge [Brother(a, p) \vee BrotherInLaw(a, p)]$

定义每个人到其最近公共祖先的距离为 distance，例如定义 Distance(c,a)如下：

$Distance(c, c) = 0$   
 $Child(c, b) \wedge Distance(b, a) = k \Rightarrow Distance(c, a) = k + 1.$

因此，到 grandparent 距离为 2，到 great-great-grandparent 距离为 4。

$MthCousinNTimesRemoved(c, d, m, n) \Leftrightarrow$   
 $\exists a \ Distance(c, a) = m + 1 \wedge Distance(d, a) = m + n + 1.$

基本事实：

- 1、每个箭头代表两个孩子的例子。例如 Child(William,Diana) and Child(William,Charles)。
- 2、每个名字代表性别命题。例如 Male(William) or Female(Diana)。
- 3、 $\bowtie$ 表示配偶命题。例如 Spouse(Charles,Diana)

下面给出几个 TELL 例：

TELL(KB,Female(Diana))

TELL(KB,Male(William))

.....

ASKVARS(KB,GrandChild(Elizabeth))

ASKVARS(KB,BrotherInLaw(Diana))

ASKVARS(KB,GreatGrandParent(Zara))

#### 四、(决策树) (15 分)

决策树是一种混合算法，它综合了多种不同的创建树的方法，并支持多个分析任务，包括回归、分类以及关联。它也是机器学习中常用的算法之一。请依据对决策树的理解，回答以下问题。

- (1) 请用简短的语句描述熵和信息增益的定义。(5 分)
- (2) 下表为是否适合打垒球的决策表，请用决策树算法画出决策树。(6 分)
- (3) 请预测  $E = \{\text{天气}=\text{晴}, \text{温度}=\text{适中}, \text{湿度}=\text{正常}, \text{风速}=\text{弱}\}$  的场合，是否合适中打垒球。(4 分)

天气	温度	湿度	风速	活动	天气	温度	湿度	风速	活动
晴	炎热	高	弱	取消	晴	适中	高	弱	取消
晴	炎热	高	强	取消	晴	寒冷	正常	弱	进行
阴	炎热	高	弱	进行	雨	适中	正常	弱	进行
雨	适中	高	弱	进行	晴	适中	正常	强	进行
雨	寒冷	正常	弱	进行	阴	适中	高	强	进行
雨	寒冷	正常	强	取消	阴	炎热	正常	弱	进行
阴	寒冷	正常	强	进行	雨	适中	正常	强	取消

参考答案：

- (1) 通常熵表示事物的混乱程度，熵越大表示混乱程度越大，越小表示混乱程度越小。  
对于随机事件  $S$ ，如果我们知道它有  $N$  种取值情况，每种情况发生的概论为，那么这件事的熵就定义为：

$$H(S) = - \sum_{i=1}^N P^{(i)} \log_2 P^{(i)}$$

信息熵：随机事件未按照某个属划的不同取值划分时的熵减去按照某个属性的不同取值

划分时的平均熵。即前后两次熵的差值。

(2)

$$H(\text{活动}) = -\left(\frac{9}{14} \log\left(\frac{9}{14}\right) + \frac{5}{14} \log\left(\frac{5}{14}\right)\right) = 0.94$$

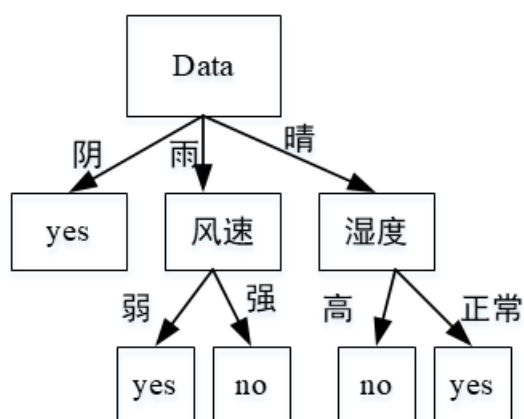
$$\text{Gain}(\text{活动}, \text{温度}) = 0.029$$

$$\text{Gain}(\text{活动}, \text{天气}) = 0.246$$

$$\text{Gain}(\text{活动}, \text{湿度}) = 0.151$$

$$\text{Gain}(\text{活动}, \text{风速}) = 0.048$$

因此选取天气属性作为划分属性；依次下去得到如下决策树



(3) 依据上面的决策图可判断可进行打垒球活动

### 五、(人工神经网络)(25 分)

构建一个有两个输入一个输出的单层感知器，实现对下表中的数据进行分类，设感知器的阈值为 0.6，初始权值均为 0.1，学习率为 0.6，误差值要求为 0，感知器的激活函数为硬限幅函数（阶跃函数），请给出迭代优化权值  $w_1$  和  $w_2$  的计算过程。（不超过 10 次迭代过程）（8 分）

$X_1$	$X_2$	$d$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(2) 请画出一个简单三层结构 BP 神经网络的结构图并写出正向计算和误差反向传播的公式，其输出层误差计算方式、两层权值修正方式均不限。（7 分）

(3) 请依据你对深度学习的了解，说明列举两种不同类型的深度神经网络模型，说明其基本原理、训练方法与应用领域？（10 分）

参考答案：(1)

对于第一个样本，输出神经元输入为

$$w_1(0)x_1(1) + w_2(0)x_2(1) = 0.1 * 0 + 0.1 * 0 = 0$$

输出神经元的输出为：

$$y(1) = f(0 - 0.6) = 0$$

权重调整：

$$w_1(1) = w_1(0) + \eta(d - y)x_1 = 0.1; \quad w_2(1) = 0.1$$

对于样本 2 和 3 同样；

对于样本 4，输出神经元输入为

$$w_1(3)x_1(4) + w_2(3)x_2(4) = 0.1 * 1 + 0.1 * 1 = 0.2$$

输出神经元的输出为：

$$y(4) = f(0.2 - 0.6) = 0$$

权重调整：

$$w_1(4) = w_1(3) + \eta(d - y)x_1 = 0.1 + 0.6(1 - 0) * 1 = 0.7; \quad w_2(4) = 0.7$$

到此完成一次循环，由于误差不为 0，则继续循环；

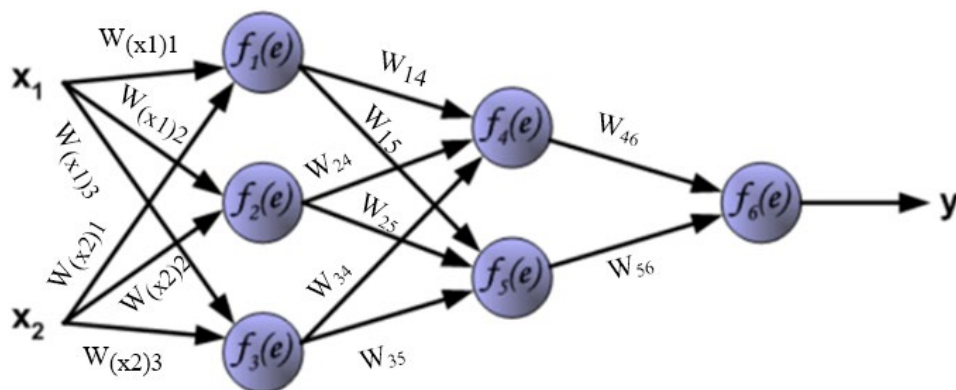
$$w_1(3)x_1(4) + w_2(3)x_2(4) = 0.7 * 1 + 0.7 * 1 = 1.4; \quad y(4) = f(1.4 - 0.6) = 1$$

此时误差为 0，终止循环。

从而

$$w_1(4) = w_1(3) + \eta(d - y)x_1 = 0.7 + 0.6(1 - 1) * 1 = 0.7 ; \quad w_2(4) = 0.7$$

(2)



第一层:

$$y_1 = f_1(w_{(x_1)1}x_1 + w_{(x_2)1}x_2); \quad y_2 = f_2(w_{(x_1)2}x_1 + w_{(x_2)2}x_2); \quad y_3 = f_3(w_{(x_1)3}x_1 + w_{(x_2)3}x_2)$$

第二层:

$$y_4 = f_4(w_{14}y_1 + w_{24}y_2 + w_{34}y_3); \quad y_5 = f_5(w_{15}y_1 + w_{25}y_2 + w_{35}y_3)$$

第三层:

$$y = f_6(w_{46}y_4 + w_{56}y_5)$$

误差传播:

输出层:

$$\sigma = z - y$$

第二层:

$$\sigma_4 = w_{46}\sigma; \quad \sigma_5 = w_{56}\sigma$$

第一层:

$$\sigma_1 = w_{14}\sigma_4 + w_{15}\sigma_5; \quad \sigma_2 = w_{24}\sigma_4 + w_{25}\sigma_5; \quad \sigma_3 = w_{34}\sigma_4 + w_{35}\sigma_5$$

以第一层为例，根据误差信号进行权值更新公式如下:

$$w'_{(x_1)1} = w_{(x_1)1} + \eta\sigma_1 \frac{df_1(e)}{de} x_1; \quad w'_{(x_2)1} = w_{(x_2)1} + \eta\sigma_1 \frac{df_1(e)}{de} x_2; \quad w'_{(x_1)2} = w_{(x_1)2} + \eta\sigma_2 \frac{df_2(e)}{de} x_1;$$

$$w'_{(x_2)2} = w_{(x_2)2} + \eta\sigma_2 \frac{df_2(e)}{de} x_2; \quad w'_{(x_1)3} = w_{(x_1)3} + \eta\sigma_3 \frac{df_3(e)}{de} x_1; \quad w'_{(x_2)3} = w_{(x_2)3} + \eta\sigma_3 \frac{df_3(e)}{de} x_2$$

(3) 卷积神经网络是人工神经网络的一种，已成为当前语音分析和图像识别领域的研究热点。它的权值共享网络结构使之更类似于生物神经网络，降低了网络模型的复杂度，减少了权值的数量。该优点在网络的输入是多维图像时表现的更为明显，使图像可以直接作为网络的输入，避免了传统识别算法中复杂的特征提取和数据重建过程。卷积网络是为识别二维形状而特殊设计的一个多层感知器，这种网络结构对平移、比例缩放、倾斜或者其他形式的变模型优缺点:

(1)优点:

(1)、权重共享策略减少了需要训练的参数，相同的权重可以让滤波器不受信号位置的影响来检测信号的特性，使得训练出来的模型的泛化能力更强；

(2)、池化运算可以降低网络的空间分辨率，从而消除信号的微小偏移和扭曲，从而对输入数据的平移不变性要求不高。

(2)缺点：

(1)、深度模型容易出现梯度消散问题。

在深度学习领域，传统的多层感知机为基础的上述各网络结构具有出色的表现，取得了许多成功，它曾在许多不同的任务上——包括手写数字识别和目标分类上创造了记录。但是，他们也存在一定的问题，上述模型都无法分析输入信息之间的整体逻辑序列。这些信息序列富含大量的内容，信息彼此间有着复杂的时间关联性，并且信息长度各种各样。这是以上模型所无法解决的，递归神经网络正是为了解决这种序列问题应运而生，其关键之处在于当前网络的隐藏状态会保留先前的输入信息，用来作当前网络的输出。

许多任务需要处理序列数据，比如 Image captioning, speech synthesis, and music generation 均需要模型生成序列数据，其他领域比如 time series prediction, video analysis, and musical information retrieval 等要求模型的输入为序列数据，其他任务比如机器翻译，人机对话，controlling a robot 的模型要求输入输出均为序列数据

模型优缺点：

(1)优点：

(1)、模型是时间维度上的深度模型，可以对序列内容建模；

(2)缺点：

(1)、需要训练的参数较多，容易出现梯度消散或梯度爆炸问题；

(2)、不具有特征学习能力。



湖南大学本科生

# 课程考试命题专用纸

考试科目： 人工智能导论

专业年级： 2017 级

考试形式： 闭卷

考试时间： 100 分钟

## 一、(本题 10 分)

什么是 Agent? 什么是理性的 Agent? 理性的 Agent 一定能产生完美的结果吗? 如果不能, 为什么? (10 分)

答案与评分:

Agent 定义为响应来自环境的感知而采取行动的实体。(3 分)

理性 Agent 为合理行动的 Agent, Agent 根据它所知道的做了“正确的事情”。(3 分)

理性的 Agent 不一定能产生完美的结果。(1 分)

Agent 感知环境的信息特性有多种, 有部分可观察的, 不确定性, 动态的, 这些都会导致采取的行动不是完美的。(3 分)

## 二、(本题 25 分)

考虑按下式定义代价函数的八数码问题:

$$f(x) = d(x) + h(x)$$

其中,  $d(x)$  为节点的深度;  $h(x)$  是所有棋子偏离目标状态位置的曼哈顿距离 (曼哈顿距离为棋子偏离目标状态位置的水平距离和垂直距离之和), 例如下图所示的初始状态  $S_0$ : 8 的曼哈顿距离为 2; 2 的曼哈顿距离为 1; 6 的曼哈顿距离为 1。根据曼哈顿距离的定义, 可以得出  $h(S_0)=5$ 。

2	8	3
1	6	4
7		5

初始状态

1	2	3
8		4
7	6	5

目标状态

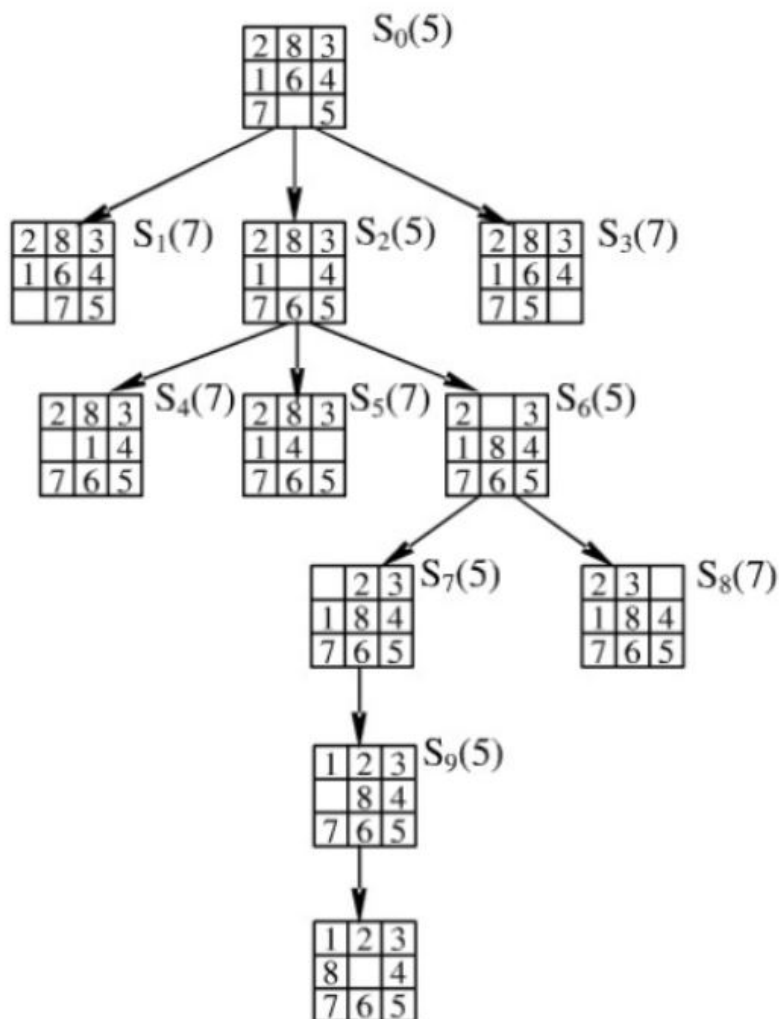
图一

a) 用 A\* 搜索法搜索目标, 画出搜索树和扩展节点的  $f$  值。(15 分)

b) 给出 A\* 的树搜索路径, 并说明该启发式是否是可采纳的。(10 分)

答案与评分:

a) 搜索树与各节点的 f 值如下所示：  
 各节点  $S_1$  到  $S_9$  每个正确表示 1 分，共 9 分；  
 各节点的值每个正确计算 0.5 分，全对给 6 分。



b) 搜索路径:  $S_0-S_2-S_6-S_7-S_9$ -目标节点; (5 分)  
 该启发式是可采纳的。(5 分) 需要有证明

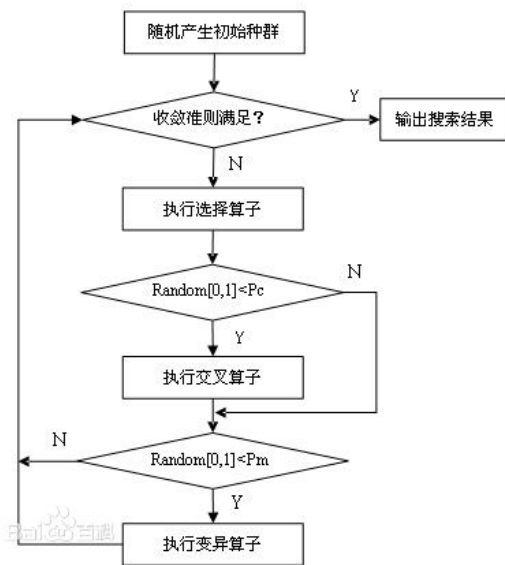
### 三、(本题 15 分)

什么是遗传算法? 试说明遗传算法的基本原理, 并给出算法流程图。(15 分)  
 答案与评分:

- i) 遗传算法是随机搜索的一个变形, 通过把两个父状态结合起来生成后继, 而不是通过修改单一状态进行。(5 分, 类似的描述均可)
- ii) 基本原理:
  1. 一个后继状态由两个父状态决定, 一个状态表示成一个字符串
  2. 以  $k$  个随机产生的状态开始(population)
  3. 定义一个健康度量函数用来评价状态的好坏程度
  4. 通过选择, 交叉, 突变的操作产生下一轮状态

(共 5 分)

iii) 算法流程图:

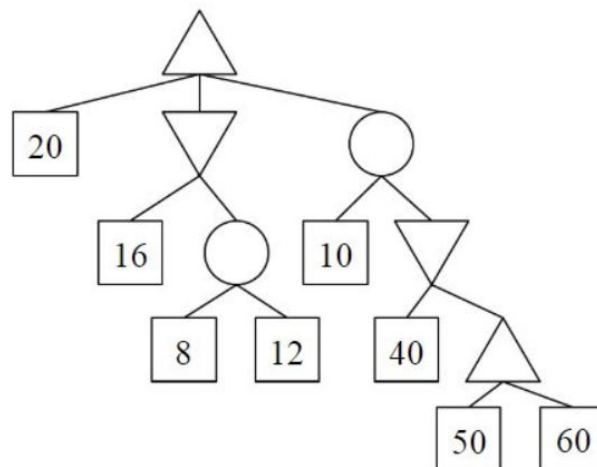


(5 分)

#### 四、(本题 25 分)

考虑以下包含 MAXIMIZER、MINIMIZER 和 CHANCE 结点的博弈树，叶节点的值已在图中给出，并且已知在 CHANCE 节点上每个输出的概率均等。

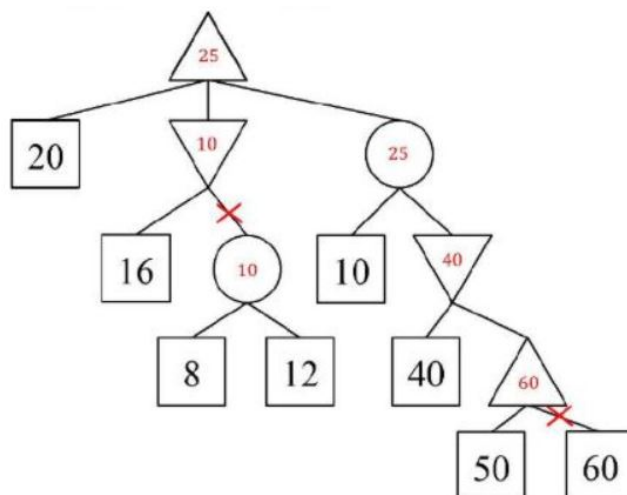
- 计算出图中每个节点的值，并填写在相应的节点上。(6 分)
- 写出 alpha-beta 剪枝的条件。(6 分)
- 本题中给出的博弈树是否有剪枝的可能性？如果没有，给出理由；如果有，在图上用 ‘x’ 标出能够进行剪枝的树枝，并给出理由。(5 分)
- 假定在 CHANCE 节点上的左右输出概率分别变为 0.8 和 0.2，计算出图中每个节点的值，并分析该博弈树进行剪枝的可能性。(8 分)



图二

答案与评分:

a) 按从上到下，从左至右的顺序，各节点的值为：25，10，25，10，40，60。（每个值 1 分，共 6 分）



b) alpha: max 的最佳选择；beta: min 的最佳选择

(1) 对于 maximizer 的子节点，如果取值大于 beta，则进行剪枝；

(2) 对于 minimizer 的子节点，如果取值小于 alpha，则进行剪枝。

（答对 (1) 或 (2) 3 分，2 项全对 6 分）

c) 可以进行剪枝（1 分）

剪枝结果如图所示（2 分）

理由：左边剪枝，因为  $16 < \alpha = 20$ ；（1 分）

右边剪枝，因为  $60 > \beta = 10$ 。（1 分）

d) 20，8.8，16，8.8，40，60（3 分，每个值）

可以剪枝（1 分）

剪枝结果如图所示（2 分）

理由：左边剪枝，因为  $8.8 < \alpha = 20$ ；（1 分）

右边剪枝，因为  $60 > \beta = 8.8$ 。（1 分）

五.（本题 25 分）

a) 将下列一阶逻辑语句转换成 CNF 形式：（8 分）

$$(\forall a p(a)) \rightarrow (\neg \exists a \{ \forall b [\neg q(a,b) \rightarrow p(a,b)] \})$$

b) 用一阶逻辑语句表示下列问题：（9 分）

“如果城市 x 与城市 y 通过道路 z 相连接且道路 z 上允许骑自行车，那么从城市 x 通过骑自行车可以到达城市 y；如果城市 x 与城市 y 通过道路 z 相连接，那么城市 y 与城市 x 也通过道路 z 相连接；如果从城市 x 可以到达城市 y，且从城市 y 可以到达城市 w，那么从城市 x 可以到达城市 w。”

c) 在(b)的基础上，假定道路之间的连接情况如图三所示：

town	town	road
a	b	1
b	c	2
a	c	3
d	e	4
d	b	5

图三

道路 3, 4, 5 上允许骑自行车, 道路 1 或者道路 2 上允许自行车骑行, 从城市 a 能够到达城市 b 吗? 如果可以, 请用归结算法证明, 否则, 给出反驳的理由。(8 分)

答案与评分:

$$(a) (\neg p(a) \vee \neg q(c, f(c))) \wedge (\neg p(a) \vee \neg p(c, f(c)))$$

推导过程:

$$(\forall a p(a)) \rightarrow (\exists a \{ \forall b [q(a, b) \rightarrow p(a, b)] \})$$

$$(\forall a p(a)) \vee (\exists a \{ \forall b [q(a, b) \vee p(a, b)] \})$$

$$(\forall a p(a)) \vee (\forall a \{ \exists b [q(a, b) \wedge p(a, b)] \})$$

$$(\forall a p(a)) \vee (\forall c \{ \exists b [q(c, b) \wedge p(c, b)] \})$$

$$(\forall a p(a)) \vee (\forall c \{ q(c, f(c)) \wedge p(c, f(c)) \})$$

$$(\neg p(a) \vee \neg q(c, f(c))) \wedge (\neg p(a) \vee \neg p(c, f(c)))$$

(b) Town (a): 城市 a; Road(z): 道路 z;

Link(a, b, z): a 城市 and b 城市通过道路 z 相连; Permit(z): 道路 z 允许骑自行车; arrive(a, b) 从 a 可以到达 b;

$$(1) \forall x, y, z \text{ Link}(x, y, z) \wedge \text{Permit}(z) \Rightarrow \text{arrive}(x, y)$$

$$(2) \forall x, y, z \text{ Link}(x, y, z) \Rightarrow \text{Link}(y, x, z)$$

$$(3) \forall x, y, w \text{ arrive}(x, y) \wedge \text{arrive}(y, w) \Rightarrow \text{arrive}(x, w)$$

(c)

已知:

$$\neg \text{Link}(a, b, 1) \vee \neg \text{Permit}(1) \vee \text{arrive}(a, b)$$

$$\neg \text{Link}(b, c, 2) \vee \neg \text{Permit}(2) \vee \text{arrive}(b, c)$$

$$\text{Permit}(1) \vee \text{Permit}(2)$$

$$\text{Link}(a, b, 1)$$

$$\text{Link}(b, c, 2)$$

①式: 由上述已知式子归结可得,  $\text{arrive}(a, b) \vee \text{arrive}(b, c)$

②式:  $\neg \text{arrive}(a, b) \vee \neg \text{arrive}(b, c) \vee \text{arrive}(a, c)$

③式: 由①+②归结得,  $\text{arrive}(a, c)$

④式:  $\neg \text{arrive}(a, c) \vee \neg \text{arrive}(c, b) \vee \text{arrive}(a, b)$

⑤式: 由③+④归结可得,  $\neg \text{arrive}(c, b) \vee \text{arrive}(a, b)$

⑥式: 由①式的过程可知,  $\text{arrive}(a, b) \vee \text{arrive}(c, b)$

⑦式: 由⑤+⑥归结可得,  $\text{arrive}(a, b)$

⑦式与需证明的结论的否定式  $\neg \text{arrive}(a, b)$  归结得空, 故 a 到达 b 可证成立。

提醒：请诚信应考，考试违规将带来严重后果！

教务处填写：

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

考 试 用

湖南大学课程考试试卷

课程名称：人工智能导论；课程编码：CS05073；

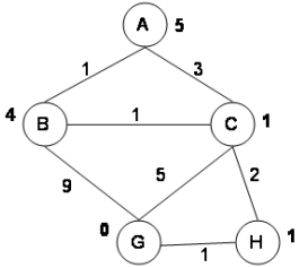
试卷编号：A；考试形式：闭卷；考试时间：120 分钟。

题 号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
应得分	25	15	20	20	20						100
实得分											
评卷人											

(请在答题纸内作答！)

一、(搜索问题)(25 分)考虑下图，其中 A 是开始结点，G 是目标结点，边上的数字代表两个结点之间的实际代价，结点上的数字代表结点到达目标结点的评估代价。

- a) 使用一致代价搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(6 分)
- b) 运用贪婪最佳优先搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(6 分)
- c) 使用 A\*搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(7 分)
- d) 比较上述三种算法的完备性和最优性。(6 分)



答：

a ) 一致代价搜索

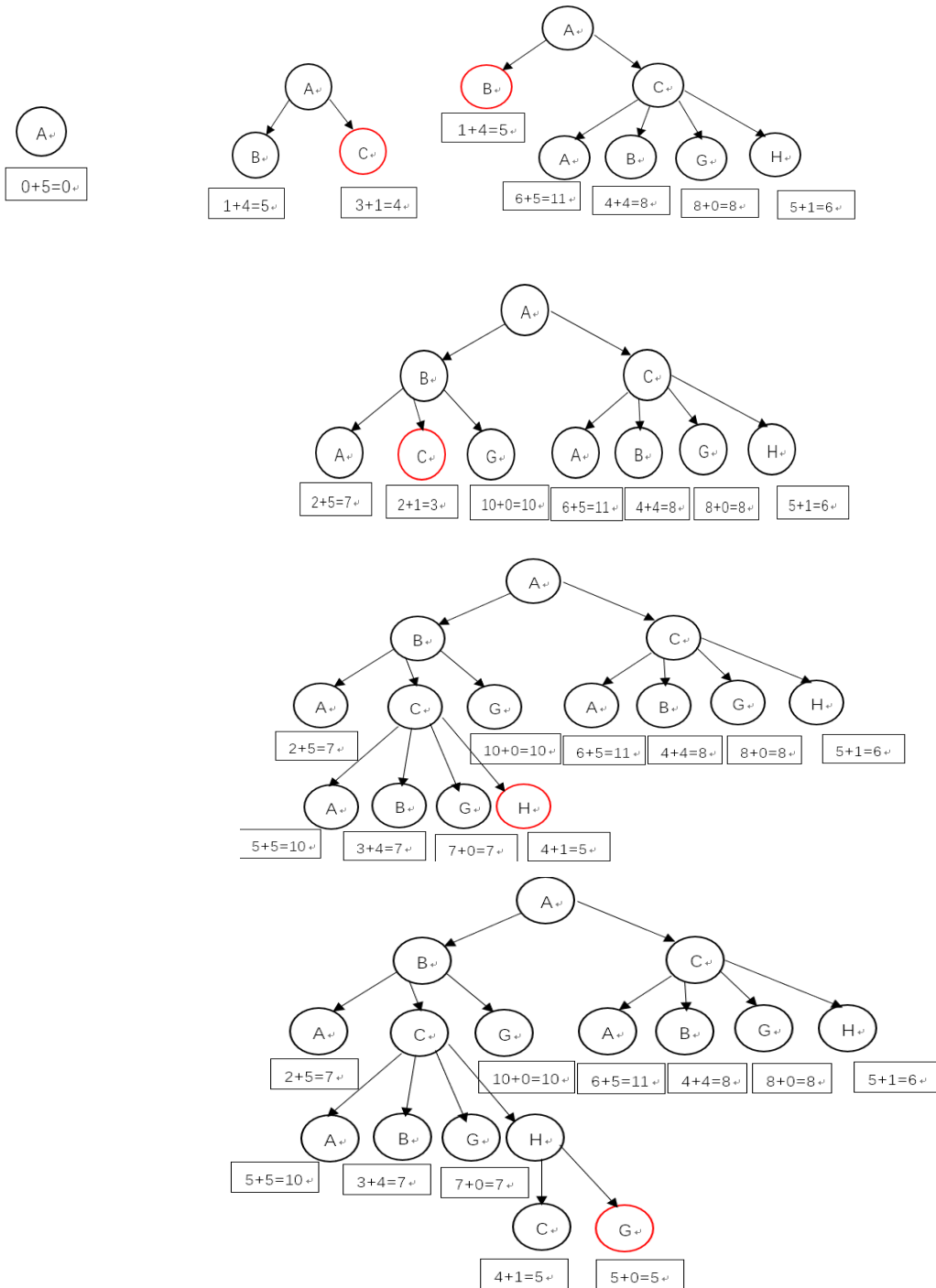
	入队	出队	队列
1	A		{(A,0)}
2	B,C	A	{(B,1),(C,3)}
3	C,G	B	{(C,2),(G,10)}
4	G,H	C	{(H,4),(G,7)}
5	G	H	{(G,5)}
6		G	空

因此最后的路径为 A-B-C-H-G，代价为 5。

b) 贪婪最佳优先算法是试图扩展离目标最近的节点，它只用到启发信息，也就是  $f(n)=h(n)$ 。

首先  $h(B)=4, h(C)=1$ ，所以先访问 C 节点，然后  $h(G)=0, h(H)=1$ ，所以直接到达目标节点 G，因此最后的路径为 A-C-G，代价为 8

c) A\*算法用树搜索：



点的扩展顺序为 A-C-B-C-H,

最优路径为 A-B-C-H-G，代价为 5 (8 分)

	选择扩展的点	Frontier
		(5,A)
1	A	(5,B,A) (4,C,A)

2	C	(5,B,A) (11,A,C,A) (8,G,C,A) (6,H,C,A)
3	B	(7,A,B,A) (3,C,B,A) (8,G,C,A) (6,H,C,A)
4	C	(7,G,C,B,A) (5,H,C,B,A)
5	H	(5,G,H,C,B,A)

d) 一致代价搜索按结点的最优路径顺序扩展结点，这是对任何单步代价函数都是最优的算法，它不再扩展深度最浅的结点。一致代价搜索与宽度优先搜索类似，是完备的，最优的。

贪婪最佳优先搜索试图扩展离目标最近的结点，理由是这样可以很快找到解。贪婪最佳优先搜索与深度优先搜索类似，即使是有限状态空间，但也是不完备的，容易导致死循环；贪婪最佳优先搜索不能保证最优性。

A\*搜索是完备的，此外，A\*算法对于任何给定的满足一致性的启发函数都是最优的。

## 二、(逻辑推理)(15 分)

设已知：

- (1) 能阅读者是识字的；
- (2) 海豚不识字；
- (3) 有些海豚是很聪明的。

请用归结演绎推理证明：有些很聪明的人并不识字。

答：第一步，先定义谓词，

设  $R(x)$  表示  $x$  是能阅读的；

$K(y)$  表示  $y$  是识字的；

$W(z)$  表示  $z$  是很聪明的；

第二步，将已知事实和目标用谓词公式表示出来

能阅读者是识字的：  $(\forall x)(R(x) \rightarrow K(x))$

海豚不识字：  $(\forall y)(\neg K(y))$

有些海豚是很聪明的：  $(\exists z) W(z)$

有些很聪明者并不识字：  $(\exists x)(W(x) \wedge \neg K(x))$

第三步，将上述已知事实和目标否定化成子句集：

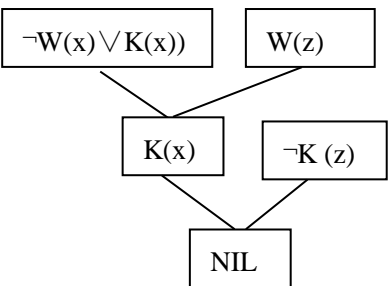
$\neg R(x) \vee K(x)$

$\neg K(y)$

$W(z)$

$\neg W(x) \vee K(x)$

第四步，用归结演绎推理进行证明



## 三、(概率模型)(20)

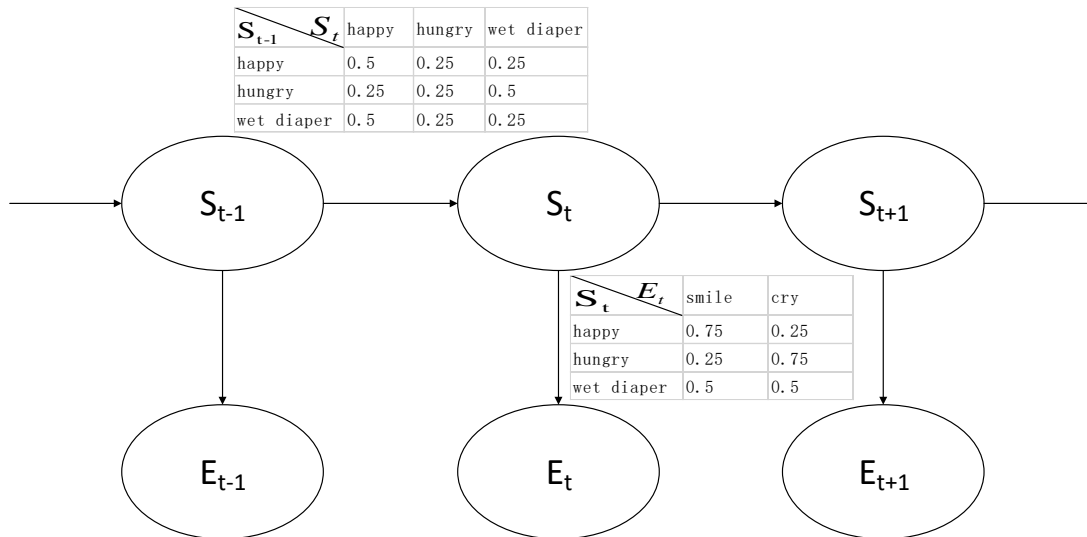


安迪是个三个月大的婴儿。他有时快乐(happy), 有时饥饿(hungry), 有时湿尿布(having a wet diaper)。起初, 他在睡完午睡 1 点醒来, 他很快乐。如果他快乐, 那么在 1 个小时后他仍有 50%的机率保持快乐, 有 25%的机会饿着肚子, 另外有 25%湿尿布的机会。同样, 如果他饿了, 一小时后他有 25%的机会会快乐, 25%的机会仍然饥饿, 另外有 50%的机会湿尿布。如果他尿布湿了, 一小时后他会有 50%的机会高兴, 25%的机会饿着, 25%的机会湿尿布。当他快乐时, 他有 75%的时间微笑(smile), 25%的时间哭(cry)。当他饿了, 他有 25%的时间微笑(smile), 75%的时间哭(cry)。当他湿尿布时, 他有 50%的时间微笑(smile), 50%的时间哭(cry)。

- a) 根据以上的故事画出 HMM 模型(画出 3 个时间节点即可), 并标出相应的传感器概率和转移概率; (8 分)
- b) 假定“1pm: smile. 2pm: cry. 3pm: smile”。
- 这个观察序列发生的概率是多少? (5 分)
- c) 对于 b 中对应的最有可能的隐藏状态是什么? (7 分)

答:

a): 我们用 S 表示安迪的状态(happy, hungry, wet diaper), 用 E 来表示安迪的表情(smile,cry), 其 HMM 模型如下图所示:



b):

t=1:smile

$$P(1\text{-happy})=1*0.75=0.75$$

t=2:cry

$$P(2\text{-happy})= (P(1\text{-happy})*0.5)*0.25=0.09375$$

$$P(2\text{-hungry})= (P(1\text{-happy})*0.25)*0.75=0.140625$$

$$P(2\text{-wet})= (P(1\text{-happy})*0.25)*0.5=0.09375$$

t=3:smile

$$P(3\text{-happy})= (P(2\text{-happy})*0.5+P(2\text{-hungry})*0.25+P(2\text{-wet})*0.5)*0.75=0.09667969$$

$$P(3\text{-hungry})= (P(2\text{-happy})*0.25+P(2\text{-hungry})*0.25+P(2\text{-wet})*0.25)*0.25=0.02050781$$

$$P(3\text{-wet})= (P(2\text{-happy})*0.25+P(2\text{-hungry})*0.5+P(2\text{-wet})*0.25)*0.5=0.05859375$$

所以, 该序列发生的概率为:  $P(1\text{-smile}, 2\text{-cry}, 3\text{-smile})= P(3\text{-happy})+ P(3\text{-hungry})+ P(3\text{-wet})=0.1758$

c):

t=2 时,  $\text{MAX}(P(2\text{-cry}))= P(2\text{-hungry})$

t=3 时,  $\text{MAX}(P(3\text{-smile}))= P(3\text{-happy})$

所以, 最有可能的隐藏状态为{1pm:happy,2pm:hungry,3pm:happy}

#### 四、(决策树) (20 分)

决策树是机器学习中常用的算法之一。请依据对决策树的理解，回答以下问题。

a) 请用简短的语句描述熵和信息增益的定义。(6 分)

b) 下表给出外国菜是否有吸引力的数据集，每个菜品有 3 个属性“温度”、“口味”，“份量”，请用决策树算法画出决策树。(10 分)

(注意:  $\log_2(x/y) = \log_2 x - \log_2 y$ ,  $\log_2 1 = 0$ ,  $\log_2 2 = 1$ ,  $\log_2 3 = 1.585$ ,  $\log_2 4 = 2$ ,  $\log_2 5 = 2.322$ ,  $\log_2 6 = 2.585$ ,  $\log_2 7 = 2.807$ ,  $\log_2 8 = 3$ ,  $\log_2 9 = 3.170$ ,  $\log_2 10 = 3.322$ ,  $\log_2 11 = 3.459$ ,  $\log_2 12 = 3.585$ )

序号	温度	口味	份量	吸引力	序号	温度	口味	份量	吸引力
1	热	咸	小	否	6	热	咸	大	否
2	冷	甜	大	否	7	热	酸	大	是
3	冷	甜	大	否	8	冷	甜	小	是
4	冷	酸	小	是	9	冷	甜	小	是
5	热	酸	小	是	10	热	咸	大	否

c) 请预测 dish= {温度=热，口味=甜，份量=大} 的一道菜，是否具有吸引力。(4 分)

答案:

- (1) 通常熵表示事物的混乱程度，熵越大表示混乱程度越大，越小表示混乱程度越小。对于随机事件 S，如果我们知道它有 N 种取值情况，每种情况发生的概率为  $P^{(i)}$ ，那么这件事的熵就定义为：

$$H(S) = -\sum_{i=1}^N P^{(i)} \log_2 P^{(i)}$$

信息熵：随机事件未按照某个属性划分时的熵减去按照某个属性的不同取值划分时的平均熵。即前后两次熵的差值。

信息增益：信息增益表示得知特征 X 的信息而使得类 Y 的信息的不确定性减少的程度。特征 A 对训练数据集 D 的信息增益  $g(D, A)$ ，定义为集合 D 的熵  $H(D)$  与给定特征 A 条件下 D 的条件熵  $H(D|A)$  之差，即：

$$\text{Gain}(D, A) = H(D) - H(D|A) = H(D) - \sum_{v=1}^V \frac{|D^v|}{|D|} H(D^v)$$

即：信息增益=根节点的信息熵-条件熵

a) 首先，计算没有选择属性时的信息熵：

$$H(S) = -\sum_{i=1}^N P^{(i)} \log_2 P^{(i)} = -\frac{5}{10} \log_2 \frac{5}{10} = 1$$

然后，计算选择属性之后的条件熵：

$$H(D|\text{属性}) = \sum_{v=1}^V \frac{|D^v|}{|D|} H(D^v)$$

根据已知，口味属性：

咸	3/10	吸引力	0
		否	3/3

甜	4/10	吸引力	2/4
		否	2/4
酸	3/10	吸引力	3/3
		否	0

$$H(D|\text{口味}) = \sum_{v=1}^V \frac{|D^v|}{|D|} H(D^v) = 0.3(-0 - 1 * \log_2 1) + 0.4(-0.5 * \log_2 0.5 - 0.5 * \log_2 0.5) + 0.3(-1 * \log_2 1 - 0)$$

$$= 0.4$$

温度属性:

冷	5/10	吸引力	3/5
		否	2/5
热	5/10	吸引力	2/5
		否	3/5

$$H(D|\text{温度}) = \sum_{v=1}^V \frac{|D^v|}{|D|} H(D^v) = 0.5 * (-0.6 * \log_2 0.6 - 0.4 * \log_2 0.4) + 0.5 * (-0.4 * \log_2 0.4 - 0.6 * \log_2 0.6)$$

$$= 0.971$$

大小属性:

大	5/10	吸引力	1/5
		否	4/5
小	5/10	吸引力	4/5
		否	1/5

$$H(D|\text{大小}) = \sum_{v=1}^V \frac{|D^v|}{|D|} H(D^v) = 0.5 * (-0.2 * \log_2 0.2 - 0.8 * \log_2 0.8) + 0.5 * (-0.8 * \log_2 0.8 - 0.2 * \log_2 0.2)$$

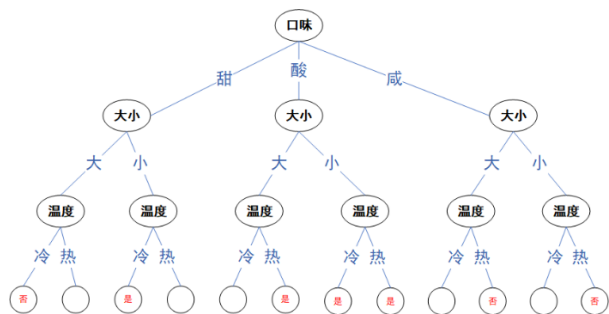
$$= 0.722$$

综上:  $\text{Gain}(D, \text{口味}) = H(D) - H(D|\text{口味}) = 1 - 0.4 = 0.6$

$\text{Gain}(D, \text{温度}) = H(D) - H(D|\text{温度}) = 1 - 0.971 = 0.029$

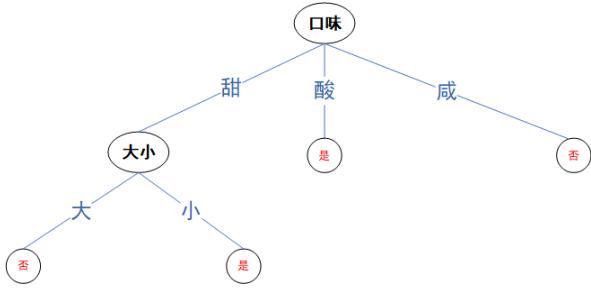
$\text{Gain}(D, \text{大小}) = H(D) - H(D|\text{大小}) = 1 - 0.722 = 0.278$

根据信息增益大小, 选择口味作为根节点, 第二层是大小属性节点, 第三层是温度属性节点。



b) dish= {温度=热, 口味=甜, 份量=大}

通过查询决策树, 可以预测得到“否”的结果。



五、(人工神经网络)(20 分)

以逻辑或运算为例构建一个有两个输入一个输出的单层感知器，假设权重  $w_1(0)=0.2$ ,  $w_2(0)=0.4$ , 阈值  $\theta(0)=0.3$ , 学习率  $\eta=0.4$ ,

- a) 请给出逻辑或运算的问题的数学定义。(3 分)
- b) 构建针对该问题的单层感知器。(5 分)
- c) 请用单层感知器完成逻辑或运算的学习过程。(12 分)

解：根据“或”运算的逻辑关系，可将问题转换为：

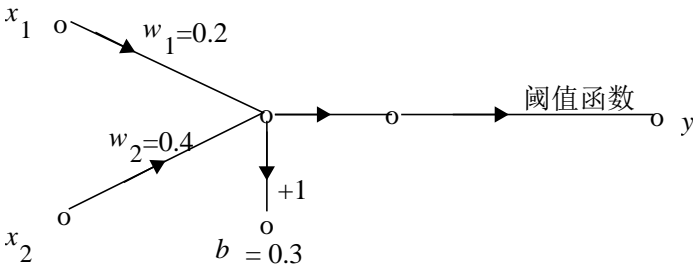
输入向量：  $X_1=[0, 0, 1, 1]$

$X_2=[0, 1, 0, 1]$

输出向量：  $Y=[0, 1, 1, 1]$

或（OR）操作的真值表如下所示；

Inputs		Output y
$x_1$	$x_2$	
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



或操作可用下图所示的阈值感知器表示：

由题意可知，初始连接权值、阈值，以及增益因子的取值分别为：

$w_1(0)=0.2$ ,  $w_2(0)=0.4$ ,  $\theta(0)=0.3$ ,  $\eta=0.4$

即其输入向量  $X(0)$ 和连接权值向量  $W(0)$ 可分别表示为：

$X(0)=(-1, x_1(0), x_2(0))$

$W(0)=(\theta(0), w_1(0), w_2(0))$

根据单层感知器学习算法，其学习过程如下：

设感知器的两个输入为  $x_1(0)=0$  和  $x_2(0)=0$ ，其期望输出为  $d(0)=0$ ，实际输出为：

$y(0)=f(w_1(0) x_1(0)+ w_2(0) x_2(0)- \theta(0))$

$$=f(0.2*0+0.4*0-0.3)=f(-0.3)=0$$

实际输出与期望输出相同，不需要调节权值。

再取下一组输入： $x_1(0)=0$  和  $x_2(0)=1$ ，其期望输出为  $d(0)=1$ ，实际输出为：

$$\begin{aligned} y(0) &= f(w_1(0) x_1(0) + w_2(0) x_2(0) - \theta(0)) \\ &= f(0.2*0+0.4*1-0.3)=f(0.1)=1 \end{aligned}$$

实际输出与期望输出相同，不需要调节权值。

再取下一组输入： $x_1(0)=1$  和  $x_2(0)=0$ ，其期望输出为  $d(0)=1$ ，实际输出为：

$$\begin{aligned} y(0) &= f(w_1(0) x_1(0) + w_2(0) x_2(0) - \theta(0)) \\ &= f(0.2*1+0.4*0-0.3) \\ &= f(-0.1)=0 \end{aligned}$$

实际输出与期望输出不同，需要调节权值，其调整如下：

$$\begin{aligned} \theta(1) &= \theta(0) + \eta(d(0) - y(0)) * (-1) = 0.3 + 0.4 * (1-0) * (-1) = -0.1 \\ w_1(1) &= w_1(0) + \eta(d(0) - y(0)) x_1(0) = 0.2 + 0.4 * (1-0) * 1 = 0.6 \\ w_2(1) &= w_2(0) + \eta(d(0) - y(0)) x_2(0) = 0.4 + 0.4 * (1-0) * 0 = 0.4 \end{aligned}$$

再取下一组输入： $x_1(1)=1$  和  $x_2(1)=1$ ，其期望输出为  $d(1)=1$ ，实际输出为：

$$\begin{aligned} y(1) &= f(w_1(1) x_1(1) + w_2(1) x_2(1) - \theta(1)) \\ &= f(0.6*1+0.4*1+0.1) \\ &= f(1.1)=1 \end{aligned}$$

实际输出与期望输出相同，不需要调节权值。

再取下一组输入： $x_1(1)=0$  和  $x_2(1)=0$ ，其期望输出为  $d(0)=0$ ，实际输出为：

$$\begin{aligned} y(1) &= f(w_1(1) x_1(1) + w_2(1) x_2(1) - \theta(1)) \\ &= f(0.6*0+0.4*0 + 0.1)=f(0.1)=1 \end{aligned}$$

实际输出与期望输出不同，需要调节权值，其调整如下：

$$\begin{aligned} \theta(2) &= \theta(1) + \eta(d(1) - y(1)) * (-1) = -0.1 + 0.4 * (0-1) * (-1) = 0.3 \\ w_1(2) &= w_1(1) + \eta(d(1) - y(1)) x_1(1) = 0.6 + 0.4 * (0-1) * 0 = 0.6 \\ w_2(2) &= w_2(1) + \eta(d(1) - y(1)) x_2(1) = 0.4 + 0.4 * (0-1) * 0 = 0.4 \end{aligned}$$

再取下一组输入： $x_1(2)=0$  和  $x_2(2)=1$ ，其期望输出为  $d(2)=1$ ，实际输出为：

$$\begin{aligned} y(2) &= f(w_1(2) x_1(2) + w_2(2) x_2(2) - \theta(2)) \\ &= f(0.6*0+0.4*1 - 0.3)=f(0.1)=1 \end{aligned}$$

实际输出与期望输出相同，不需要调节权值。

再取下一组输入： $x_1(2)=1$  和  $x_2(2)=0$ ，其期望输出为  $d(2)=1$ ，实际输出为：

$$y(2)=f(w_1(2) x_1(2) + w_2(2) x_2(2) - \theta(2))$$

实际输出与期望输出相同，不需要调节权值。

至此，学习过程结束。最后的得到的阈值和连接权值分别为：

$$\begin{aligned} \theta(2) &= 0.3 \\ w_1(2) &= 0.6 \\ w_2(2) &= 0.4 \end{aligned}$$

不仿验证如下：

对输入：“0 0”有  $y=f(0.6*0+0.4*0-0.3)=f(-0.3)=0$

对输入：“0 1”有  $y=f(0.6*0+0.4*1-0.3)=f(0.1)=1$

对输入：“1 0”有  $y=f(0.6*1+0.4*0-0.3)=f(0.3)=1$

对输入：“1 1”有  $y=f(0.6*1+0.4*1-0.3)=f(0.7)=1$

---

提醒：请诚信应考，考试违规将带来严重后果！

教务处填写：

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

考 试 用

湖南大学课程考试试卷

课程名称： 人工智能导论 ； 课程编码： CS05073 ；

试卷编号： 期中 ； 考试形式： 闭卷 ； 考试时间： 90 分钟。

题 号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
应得分	20	30	20	30							100
实得分											
评卷人											

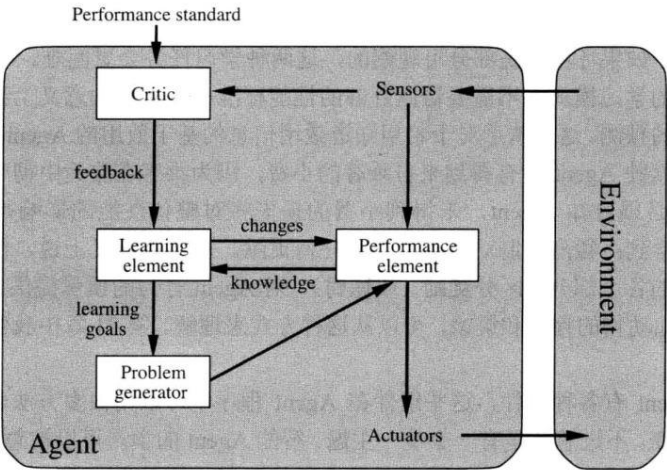
(请在答题纸内作答！)

一、(智能 Agent)(20 分)

什么是 Agent? 给出学习 Agent 的通用模型示意图，并说明学习 Agent 各组件的主要功能。

参考答案与评分标准：

- 1) Agent 定义为通过传感器感知环境并通过执行器采取行动对所处的环境产生影响的实体。(6 分)
- 2) 学习 Agent 的通用模型示意图如下：(6 分)



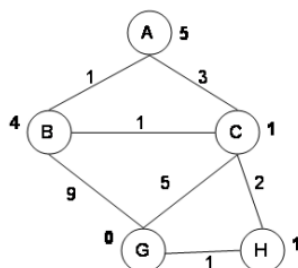
学习 Agent 各组件的主要功能

- (1) 评判元件：根据固定的性能标准告诉学习元件 Agent 的运转情况；(2 分)
- (2) 学习元件：学习部件根据评判不及时的反馈平均 Agent 做得如何，从而确定如何修改执行部件。(2 分)
- (3) 性能元件：接收感知，选择外部行动。(2 分)
- (4) 问题产生器：负责可以得到新的和有信息的经验的行动提议。(2 分)

二、(搜索问题)(30 分)考虑下图，其中 A 是开始结点，G 是目标结点，边上的数字代表两个

结点之间的实际代价，结点上的数字代表结点到达目标结点的评估代价。

- 使用一致代价搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(8分)
- 运用贪婪最佳优先搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(8分)
- 使用A\*搜索算法模拟从开始结点到达目标结点的过程。(8分)
- 比较上述三种算法的完备性和最优性。(6分)



参考答案与评分标准:

a) 一致代价搜索

	入队	出队	队列
1	A		{(A,0)}
2	B,C	A	{(B,1),(C,3)}
3	C,G	B	{(C,2),(G,10)}
4	G,H	C	{(H,4),(G,7)}
5	G	H	{(G,5)}
6		G	空

因此最后的路径为 A-B-C-H-G，代价为 5。(8分)

b) 贪婪最佳优先算法是试图扩展离目标最近的节点，它只用到启发信息，也就是  $f(n)=h(n)$ 。

首先  $h(B)=4, h(C)=1$ , 所以先访问 C 节点，然后  $h(G)=0, h(H)=1$ ，所以直接到达目标节点 G，因此最后的路径为 A-C-G，代价为 8。(8分)

c) A\*搜索对结点的评估结合了  $g(n)$ ，即到达此结点已经花费的代价，和  $h(n)$ ，从该结点到目标结点所花的代价:  $f(n)=g(n)+h(n)$ 。

第一步， $f(B)=g(B)+h(B)=1+4=5$

$f(C)=g(C)+h(C)=3+1=4, f(C)<f(B)$ ，所以先访问节点 C

第二步， $f(B)=g(B)+h(B)=1+4=5$

$f(G)=g(G)+h(G)=5+0=5$ ， $f(H)=g(H)+h(H)=2+1=3, f(H)<f(B)=f(G)$  所以先访问节点 H

第三步， $f(G)=g(G)+h(G)=1+0=1$ ， $f(C)=g(C)+h(C)=2+1=3, f(G)<f(C)$  所以访问节点 G，到达目标节点。

因此最后的路径为 A-C-H-G，代价为 6。(8分)

d) 一致代价搜索按节点的最优路径顺序扩展结点，这是对任何单步代价函数都是最优



的算法，它不再扩展深度最浅的结点。一致代价搜索与宽度优先搜索类似，是完备的，最优的。

贪婪最佳优先搜索试图扩展离目标最近的结点，理由是这样可以很快找到解。贪婪最佳优先搜索与深度优先搜索类似，即使是有限状态空间，但也是不完备的，容易导致死循环；贪婪最佳优先搜索不能保证最优性。

A\*搜索是完备的，此外，A\*算法对于任何给定的满足一致性的启发函数都是最优的。(6分)

### 三、(逻辑推理)(20分)

某单位拟派遣人员出国进修，目前有 A，B，C 三位候选人，经研究后决定：

三人中至少派遣一个人，

如果 A 去而 B 不去，那么一定派 C 去

如果 B 去，则一定派 C 去

求证 C 一定会被派出。

参考答案与评分标准：

1. 单位的想法用谓词公式表示：(6分)

$P(x)$  表示 x 被派出进修

$$(1) P(A) \vee P(B) \vee P(C)$$

$$(2) P(A) \wedge \neg P(B) \rightarrow P(C)$$

$$(3) P(B) \rightarrow P(C)$$

$$(4) \neg P(C)$$

把上述公式化成子句集 (6分)

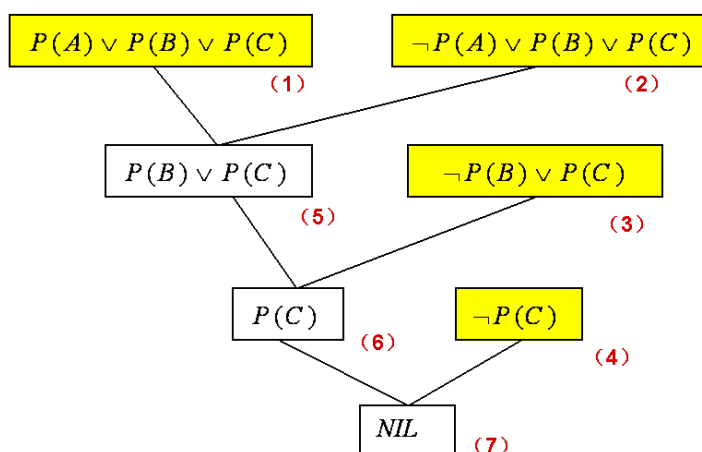
$$(1) P(A) \vee P(B) \vee P(C)$$

$$(2) \neg P(A) \vee P(B) \vee P(C)$$

$$(3) \neg P(B) \vee P(C)$$

$$(4) \neg P(C)$$

归结证明过程 (8分)



### 四、(对抗搜索)(30)

考虑以下包含 MAXIMIZER、MINIMIZER 和 CHANCE 结点的博弈树，叶节点的值已在图

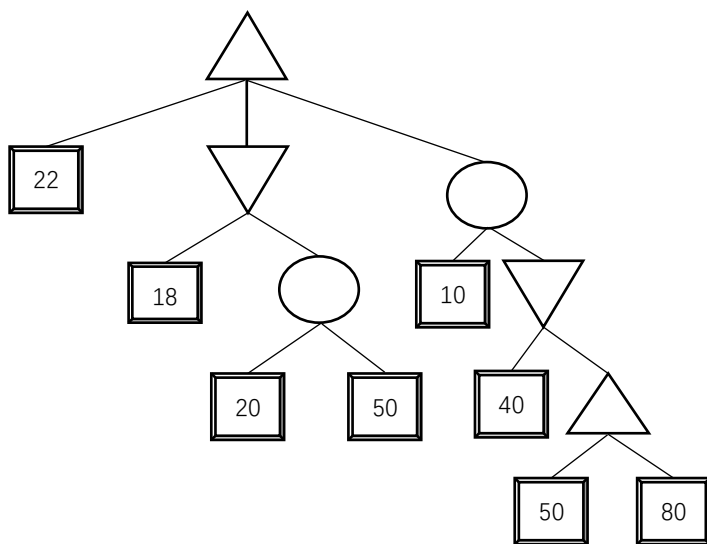
中给出，并且已知在 CHANCE 节点上每个输出的概率均等。

a) 计算出图中每个节点的值，并填写在相应的节点上。(6 分)

b) 写出 alpha-beta 剪枝的条件。(6 分)

c) 本题中给出的博弈树是否有剪枝的可能性？如果没有，给出理由；如果有，在图上用 ‘x’ 标出能够进行剪枝的树枝，并给出理由。(8 分)

d) 假定在 CHANCE 节点上的左右输出概率分别变为 0.9 和 0.1，计算出图中每个节点的值，并分析该博弈树进行剪枝的可能性。(10 分)



答案与评分标准：

a) 按从上到下，从左至右的顺序，各节点的值：25，18，25，25，40，80。(每个值 1 分，共 6 分)

b) alpha: max 的最佳选择；beta: min 的最佳选择

(1) 对于 maximizer 的子节点，如果取值大于 beta，则进行剪枝；

(2) 对于 minimizer 的子节点，如果取值小于 alpha，则进行剪枝。

(答对 (1) 或 (2) 3 分，2 项全对 6 分)

c) 可以进行剪枝 (1 分)

剪枝结果：左边，第二层 minimizer 下面数值 18 的右边支节点剪枝；右边，第四层 maximizer 数值 50 的右边叶节点剪枝。(3 分)

理由：左边剪枝，因为  $18 < \alpha = 22$ ；(2 分)

右边剪枝，因为  $80 > \beta = 40$ 。(2 分)

d) 22，15，13，23，40，80 (6 分，每个值 1 分)

可以剪枝 (1 分)

剪枝结果同 (c) (1 分)

理由：左边剪枝，因为  $18 < \alpha = 22$ ；(1 分)

右边剪枝，因为  $80 > \beta = 40$ 。(1 分)