# 哈尔滨工业大学2019《人工智能》试题和答案

一、有一个容积为8升的水桶里装满了水，另外还有一个容积为3升的空桶和一个容积为5升的空桶，如何利用这三个桶将8升水分成2等份？（注：三个水桶都没有体积刻度，也不能使用其它辅助容器。）

(1).请任意选用一种知识表示方法，如谓词逻辑，产生式或状态空间法等，解决此问题。并给出消耗步数最少的解决问题的操作序列。(5分)

(2).若利用搜索算法,求解此问题的最短操作序列,广度优先和深度优先算法那种更合适?为什么? (2分)

(3).若利用搜索算法，求解此问题的所有可能的操作序列，广度优先和深度优先算法那种更合适？为什么？(3分)

二、F1: $(\forall x)(P(x)\rightarrow(\forall y)(Q(y)\rightarrow\neg L(x.y)))$，

F2: $(\exists x)(P(x)\wedge(\forall y)(R(y)\rightarrow L(x.y)))$

G: $(\forall x)(R(x)\rightarrow\neg Q(x))$。证明G是否为F1,F2的逻辑结论。(5分)

三、张某被盗，公安局派出五个侦探去调查．研究案情时，侦察员A说"赵与钱中至少有一人做案"；侦察员B说"钱与孙中至少有一人做案"；侦察员C说"孙与李中至少有一人做案"；侦察员D说"赵与孙中至少有一个与此案无关"；侦察员E说"钱与李中至少有一人与此案无关"。如果这五个侦察员的话都有是可信，请用归结原理求出谁是盗窃犯。（10分）

四、有一包含启发信息的路径搜索算法，其估价函数 $f(n)=(2-w)*g(n)+w*h(n)$，在此问题中已知 $h(n)$是可纳的。请回答下列问题:

(1). w取什么值时该算法是代价一致搜索算法？为什么？（2分）

(2). w取什么值时该算法是贪心搜索算法？为什么？（2分）

(3). w取什么值时该算法是A*搜索算法（启发函数需可纳）？其启发函数是什么（3分）

(4). 在问题(3)的A*算法中启发函数为什么是可纳的？在满足可纳性前提下，w取什么值时这种A*算法扩展的节点最少？为什么？（3分）

五、 设有如下结构的移动将牌游戏：其中，B表示黑色将牌，W表是白色将牌，E表示空格。

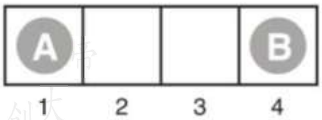
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| B | B | W | W | E |

游戏的规定走法是:

(a) 任意一个将牌可移入相邻的空格，规定其代价为1；

(b) 任何一个将牌可相隔 1 个其它的将牌跳入空格，其代价为跳过将牌的数目加 1。
游戏要达到的目标是把所有 W 都移到 B 的左边。
(1). 对这个问题，请定义一个启发函数 h(n)（可以不满足可纳性要求），并画出利用这个启发函数产生的搜索树。求出解决该问题的总代价。(8 分)
(2). 判断这个启发函数是否满足 A*算法可纳性的要求？（3 分）
(3). 基于扩展过的节点判断该启发函数是否满足这些节点的单调限制性？（3 分）

六、设有如下游戏：开始状态如下图所示。A，B 每人各走一步，A 先走（A 为 MAX），而且每个人必须在自己回合将棋子移到一个相邻的空位上。如果对手占据了一个相邻的空位，则可以跳过对手移到再一个相邻的空位上。(例如：如果 A 在 3，B 在 2，这时 A 可以跳回 1)。当一个玩家到达其初始状态所在位置的对面的尽头，则游戏结束。如果 A 首先到达 4，则 A 的积分为+1，如果 B 首先到达 1，则 A 的积分为-1。




(1).按以下要求画出整个游戏的搜索树：
（a）表示每个状态不超过两个变量;
（b）用单层方框将游戏的终止节点框起来，并不再扩展;
（c）有些节点搜索树中已经出现过一次，当其第二次出现，用双层方框将第二次出现的节点框起来。因为其循环重复出现，不需对第二次出现的节点再扩展。因为他们的估计值不确定，可以用“？”表示。(4 分)
(2). 在此问题中，利用极大极小方法计算倒推值有何不利因素？（3 分）
(3). 根据极大极小方法计算各节点倒推值。(2 分)
(4). 在计算倒推值的过程中，需定义一种规则处理“？”，并给出相应解释。(3 分)
(5). 判断问题(4)的处理方法是否对于出现循环状态的任意游戏都合适？并说明理由。(3 分)
(6). 假设棋盘中有 n 个格子（而不是本题中的 4 个格子），在 n>2 的情况下，判断 n 取何值 A 有必胜策略，n 取何值 B 有必胜策略？并简单解释。(4 分)

七、假设在大亚湾核电站有一个警报器，它在温度计读数超过一定阈值时会报警，温度计能够测量反应堆核心的温度。假如 A（警报报警），$F_A$（警报器故障），$F_G$（温度计故障）是布尔型变元； G（温度计读数），T（反应堆核心真实温度）是可取多个值的变元。回答下列问题：
(1). 如果核心温度过高，温度计很有可能出故障。根据本题中的描述画出贝叶斯网络。(3 分)
(2). 假设核心真实温度以及温度计测量温度都只有两个取值，正常和过高(超过报警阈值)。

当温度计正常工作时，温度计正确测出核心温度的概率是 x；而在温度计故障时，它正确测出核心温度的概率为 y。请画出 G 节点的条件概率表。（3 分）

(3). 假如报警器故障的时候不会报警，没有故障的时候正常报警。请画出出 A 节点的条件概率表。（3 分）

(4). 假如警报器和温度计都正常工作，而且警报器报警了。求此时反应堆核心温度过高的概率的表达式。（假设核心真实温度过高的概率为 p；在核心真实温度过高的情况下，温度计故障的概率为 g；在核心真实温度正常的情况下，温度计故障的概率为 h）（提示：考虑在警报器正常而且报警情况下，温度计读数的取值。并利用相互独立性化简问题。）（10 分）

八、基于下图贝叶斯网络，判断以下表达是否为真。若不为真，请给出任意一条激活（不相互独立）的路径；若为真，给出所有路径并标出每条路径不激活的位置。 (10 分)

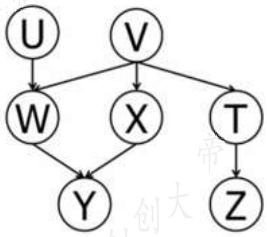
(1) $Y \perp\!\!\!\perp Z$

(2) $Y \perp\!\!\!\perp Z \mid X$

(3) $Y \perp\!\!\!\perp Z \mid V$

(4) $U \perp\!\!\!\perp Z$

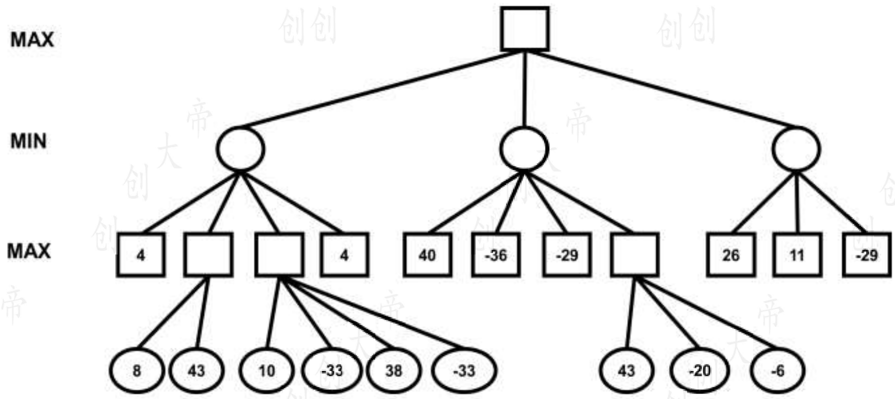
(5) $U \perp\!\!\!\perp Z \mid Y$




九、设有如图所示的博弈树，其中标出的数字是假设的估值，请对该博弈树作如下工作：

(1) 计算各节点的倒推值；(1 分)

(2) 标出 MAX 节点的 α 值以及 MIN 节点的 β 值，并利用 α - β 剪枝技术剪去不必要的分枝。（可只标出最终的 α， β 值）(4 分)



# 答案

**第一题:**

答:(1)状态:8 升,5 升,3 升桶里的水量为[x,y,z]。(状态 1 分)

操作:a1:8 升桶往 3 升桶里倒水:[x,y,z]→[5-y,y,3];

a2:8 升桶往 5 升桶里倒水:[x,y,z]→[3-z,5,z];

a3:3 升桶往 8 升桶里倒水:[x,y,z]→[8-y,y,0];

a4:3 升桶往 5 升桶里倒水:[x,y,z]→[x,y+z,0];

a5:5 升桶往 8 升桶里倒水:[x,y,z]→[8-z,0,z];

a6:5 升桶往 3 升桶里倒水(3 升倒不满,y+z<3):[x,y,z]→[x,0,y+z];

a7:5 升桶往 3 升桶里倒水(3 升倒满,y+z>=3):[x,y,z]→[x,y-(3-z),3];

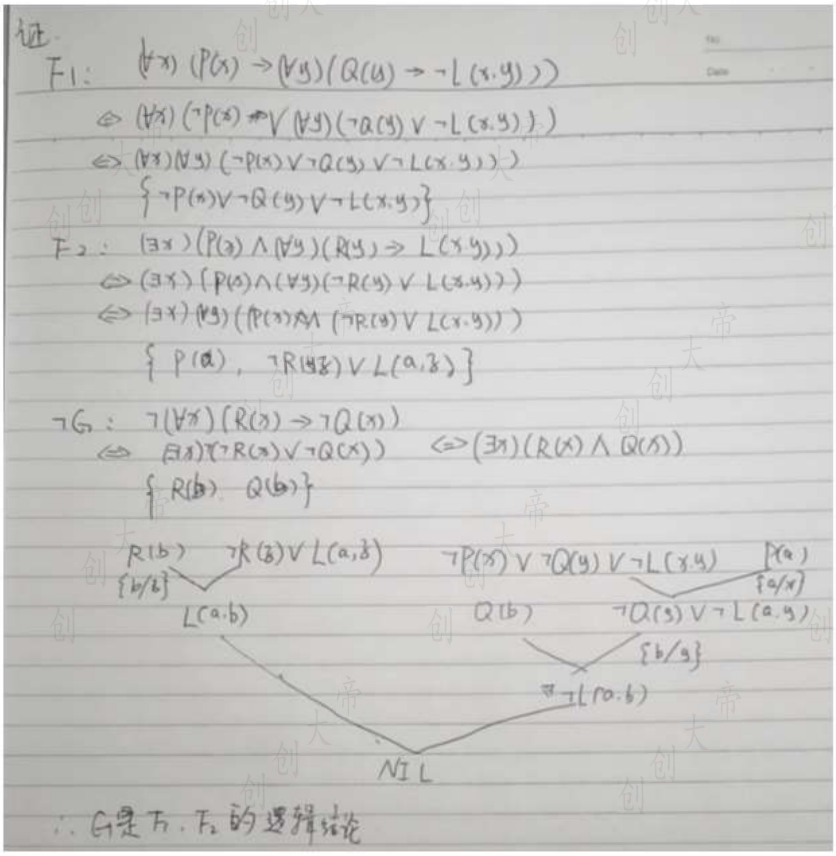
(操作 3 分)

最短操作序列:[8,0,0] → [3,5,0] → [3,2,3] → [6,2,0] → [6,0,2] → [1,5,2] → [1,4,3] → [4,4,0]或 a2 → a7 → a3 → a6 → a2 → a7 → a3(解 1 分)

(2).广度优先,(1 分)最短路径较浅,存储空间不大,广度优先保证最优解,速度较快。(1 分)

(3).深度优先,(1 分)有限的存储空间,为保证找到所有解广度也需要遍历整个搜索树。在都需要遍历搜索树情况下,深度优先 open 表较小。(2 分)

**第二题:**



证.

$F_1$: $(\forall x)(P(x) \to (\forall y)(Q(y) \to \neg L(x,y)))$

$\Leftrightarrow (\forall x)(\neg P(x) \vee (\forall y)(\neg Q(y) \vee \neg L(x,y)))$

$\Leftrightarrow (\forall x)(\forall y)(\neg P(x) \vee \neg Q(y) \vee \neg L(x,y))$

$\{\neg P(x) \vee \neg Q(y) \vee \neg L(x,y)\}$

$F_2$: $(\exists x)(P(x) \wedge (\forall y)(R(y) \to L(x,y)))$

$\Leftrightarrow (\exists x)(P(x) \wedge (\forall y)(\neg R(y) \vee L(x,y)))$

$\Leftrightarrow (\exists x)(\forall y)(P(x) \wedge (\neg R(y) \vee L(x,y)))$

$\{P(a),\ \neg R(z) \vee L(a,z)\}$

$\neg G$: $\neg(\forall x)(R(x) \to \neg Q(x))$

$\Leftrightarrow (\exists x)\neg(\neg R(x) \vee \neg Q(x)) \Leftrightarrow (\exists x)(R(x) \wedge Q(x))$

$\{R(b),\ Q(b)\}$

$R(b)$, $\neg R(z) \vee L(a,z)$, $\{b/z\}$ ⟹ $L(a,b)$

$\neg P(x) \vee \neg Q(y) \vee \neg L(x,y)$, $P(a)$, $\{a/x\}$ ⟹ $\neg Q(y) \vee \neg L(a,y)$

$Q(b)$, $\neg Q(y) \vee \neg L(a,y)$, $\{b/y\}$ ⟹ $\neg L(a,b)$

$L(a,b)$, $\neg L(a,b)$ ⟹ NIL

∴ G是$F_1$,$F_2$的逻辑结论

**第三题:**

解：(1) 先定义谓词和常量

设 C(x)表示 x 作案，Z 表示赵，Q 表示钱，S 表示孙，L 表示李 （1 分）

(2) 将已知事实用谓词公式表示出来

赵与钱中至少有一个人作案：C(Z)∨C(Q)

钱与孙中至少有一个人作案：C(Q)∨C(S)

孙与李中至少有一个人作案：C(S)∨C(L)

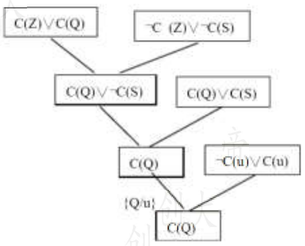
赵与孙中至少有一个人与此案无关： ¬C (Z) ∨¬C(S)

钱与李中至少有一个人与此案无关： ¬C (Q) ∨¬C(L) （2 分）

(3) 将所要求的问题用谓词公式表示出来，并与其否定取析取。设作案者为 u，则要求的结论是 C(u)。将其与其否)取析取，得：

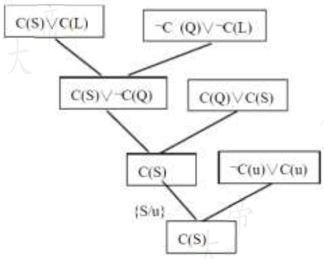
¬ C(u) ∨C(u) （1 分，这里写作¬C(u)∨ANS(u)下面归结出 ANS（Q）和 ANS（S）也对）

(4) 对上述扩充的子句集，按归结原理进行归结，其修改的证明树如下：




（归结出 1 人，2 分）

因此，钱是盗窃犯。实际上，本案的盗窃犯不止一人。根据归结原理还可以得出：




（归结出第 2 人，4 分）

因此，孙也是盗窃犯。

**第四题：**

答：(1). w=0（1 分）, f(n)= g(n) （1 分）

(2). w=2（1 分）, f(n)= 2*h(n)，节点按 h(n)排序（1 分）

(3). 0<w<=1（1 分）, f(n)= (2-w)*(g(n) + (w/(2-w))*h(n))，启发函数为(w/(2-w))*h(n) （2 分）

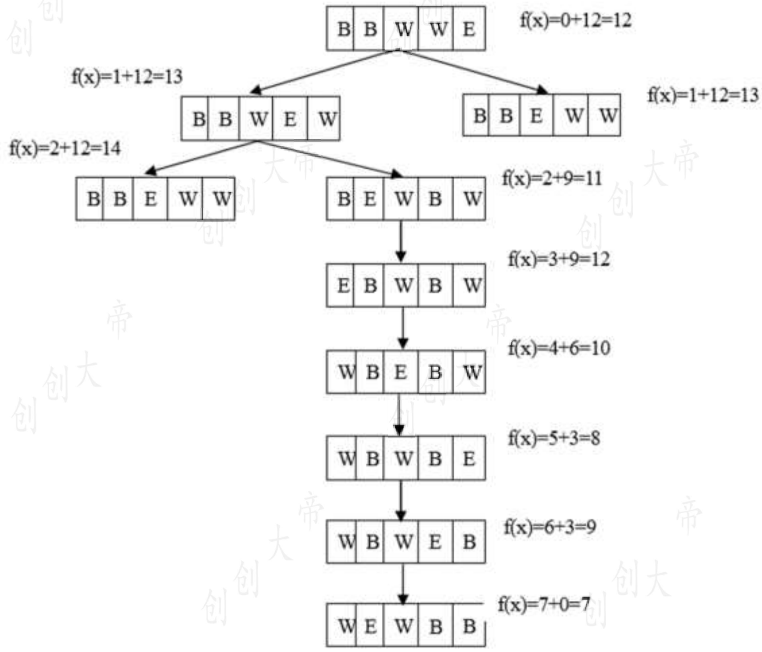
(4). 因为 w<=1，所以启发函数(w/(2-w))*h(n)<= h(n)，h(n)是可纳的，因此(w/(2-w))*h(n)是可纳的。（1 分）

所以 w=1 时（1 分），启发函数(w/(2-w))*h(n)可取最大值 h(n)，这时候扩展的节点最少（1 分）。

**第五题：**

解：(1).设 h(x)=每个 W 左边的 B 的个数，f(x)=d(x)+3*h(x)，（启发函数 4 分，这里的启发函数其实是 3*h(x)）其搜索树如下（给出搜索树 4 分）

发函数其实是3*h(x)）其搜索树如下（给出搜索树4分）：




(2).启发函数3*h(x)不满足可纳性，因为在上图倒数第二个节点启发函数值为3,大于这个节点到目标的真实代价1.（判断出构建的启发函数跟每个节点到目标的最小真实代价(h*(n))的大小关系3分）

(3).不满足单调限制性，因为满足单调限制性的话，扩展f（x）值不会减小。

也可以解释为，满足单调限制性一定满足可纳性，不满足可纳性所以不满足单调限制性。也可以解释为，满足单调限制性需要满足，两个下相邻节点的f（xi+1）-f（xi）<=1（真实代价），以上不满足。（给出启发函数的单调限制性的判断3分）

（此问题需要根据学生定的启发函数具体判断，若定义启发函数为h(x)而不是上面的3*h(x)，这时候启发函数是可纳的，因为个数一定小于等于需要的步数。可以通过两个相邻节点的f（xi+1）-f（xi）<=1判断是否单调限制性的。）

**第六题：**

答：（1）如图。（画出搜索树，2分，正确标明终止状态和重复状态各1分，共4分）

（2）倒推时候很难判断"？"的大小。（3分）

（3）如图。（2分）

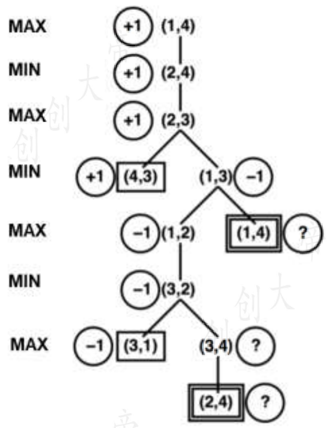
(4). 该问题中有两次"？"需要与-1对比，因为-1一定会使A失败，？一定不会比-1更小。所以min（-1，？）=-1。(另外，如果需要"？"与+1取极大值，则可认为max（+1，？）=+1,因为在该问题中+1对A最有利) （3分）

(5).不是（1分）。本问题非常简单，每个节点可以确定胜负。而对复杂棋类游戏，上述规则

没有规定，不确定胜负的节点跟？的对比关系。而且没有规定？跟和棋节点的对比关系。（2分）

(6).n为偶数A可必胜，n为奇数B可必胜。（2分）因为3个格子B可必胜，4个格子A可必胜（如图）。在5个格子时，AB经过前两步会变为3个格子的情况，如果A向右，则必

输。若 A 向左，比向右输的则会比 3 个格子时候更慢胜利，所以也必输。同理对于更大 n 有同样分析。（2 分）




**第七题：**

答：（1）．如图。（3 分）

（2）．下面 2 表都可以。

注意，当 $F_G$ 为真时意味着温度计有故障故障为真。（3 分，画错 1 位不得分）

| T | $F_G$ | G | $F(G\|T, F_G)$ |
|---|---|---|---|
| Normal | T | Normal | y |
| Normal | T | High | 1-y |
| Normal | F | Normal | x |
| Normal | F | High | 1-x |
| High | T | Normal | 1-y |
| High | T | High | y |
| High | F | Normal | 1-x |
| High | F | High | x |

| | $T=Normal$ | | $T=High$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $F_G$ | $\neg F_G$ | $F_G$ | $\neg F_G$ |
| $G=Normal$ | $y$ | $x$ | $1-y$ | $1-x$ |
| $G=High$ | $1-y$ | $1-x$ | $y$ | $x$ |

（3）．下面 2 表都可以。

注意，当 $F_A$ 为真时意味着警报器有故障故障为真。（3 分，画错 1 位不得分）

| G | $F_A$ | A | $F(A\|G, F_A)$ |
|---|---|---|---|
| Normal | T | T | 0 |
| Normal | T | F | 1 |
| Normal | F | T | 0 |
| Normal | F | F | 1 |
| High | T | T | 0 |
| High | T | F | 1 |
| High | F | T | 1 |
| High | F | F | 0 |

| | $G=Normal$ | | $G=High$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $F_A$ | $\neg F_A$ | $F_A$ | $\neg F_A$ |
| $A$ | 0 | 0 | 0 | 1 |
| $\neg A$ | 1 | 1 | 1 | 0 |

（4）．假设核心温度过高表示为 T，温度计读数过高表示为 G，警报报警表示为 A，温度计工作正常表示为 $\neg F_G$，警报器工作正常表示为 $\neg F_A$.要求的问题可表示为 P（T| $\neg F_G$，$\neg F_A$，A）,根据（3）可以看出在警报器正常而且报警情况下，温度计的取值 100%为过高，即温度计取值已知为 G。（2 分）因此，要求的问题其实是 P（T| $\neg F_G$，G，$\neg F_A$，A），根据贝叶斯网络的相互独立性，可以看出在已知 G 的情况下 T 跟 $F_A$，A 是相互独立的，因此要求的问题可以简化为 P（T| $\neg F_G$，G）（3 分）

$$P(T|\neg F_G,G)=\frac{P(T,\neg F_G,G)}{P(G,\neg F_G)}=\frac{P(T,\neg F_G,G)}{P(T,G,\neg F_G)+P(\neg T,G,\neg F_G)}$$

$$= \frac{P(T)P(\neg F_G|T)P(G|T,\neg F_G)}{P(T)P(\neg F_G|T)P(G|T,\neg F_G)+P(\neg T)P(\neg F_G|\neg T)P(G|\neg T,\neg F_G)}$$

$$= \frac{p(1-g)(1-x)}{p(1-g)(1-x)+(1-p)(1-h)x}$$ （5 分）

**第八题：**

（1）不为真（1 分），激活路径有 Y←W←V→T→Z（1 分）

（2）不为真（1 分），激活路径有 Y←W←V→T→Z（1 分）

（3）为真（1 分），路径：

Y←W←V→T→Z

Y←X←V→T→Z

（4）为真（1 分），路径（1 分）：

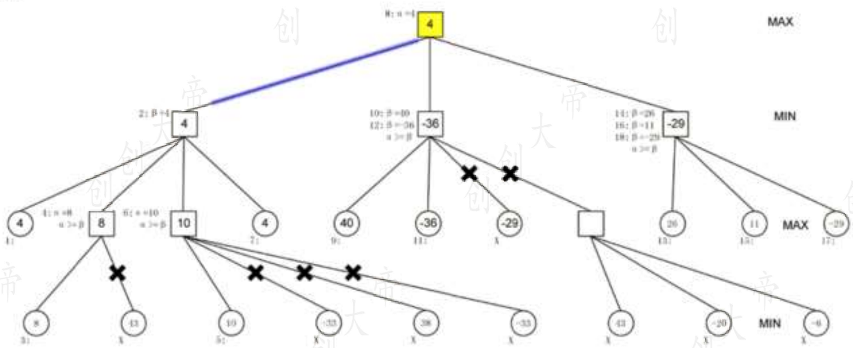
U→W←V→T→Z

U→W→Y←X←V→T→Z

（5）不为真（1 分），激活路径有 U→W←V→T→Z（1 分）

**第九题：**

解：




（数值填对 1 分）（α 值标对 1 分）（β 值标对 1 分）（剪枝对 2 分）