

《人工智能与专家系统》试卷(1) 参考答案与评分标准

问答题(每题 5 分, 共 50 分)

1. 人工智能是何时、何地、怎样诞生的?(5 分)

答: 人工智能于 1956 年夏季在美国达特茅斯(Dartmouth)大学诞生。(3 分)

1956 年夏季, 美国的一些从事数学、心理学、计算机科学、信息论和神经学研究的年轻学者, 汇聚在 Dartmouth 大学, 举办了一次长达两个月的学术讨论会, 认真而热烈地讨论了用机器模拟人类智能的问题。在这次会议上, 第一次使用了“人工智能”这一术语, 以代表有关机器智能这一研究方向。这是人类历史上第一次人工智能研讨会, 标志着人工智能学科的诞生, 具有十分重要的意义。(2 分)

2. 行为主义是人工智能的主要学派之一, 它的基本观点是什么?(5 分)

答: 行为主义, 又称进化主义或控制论学派。这种观点认为智能取决于感知和行动(所以被称为行为主义), 它不需要知识、不需要表示、不需要推理。其原理是控制论和感知——动作型控制系统。

3. 什么是知识表示? 在选择知识表示方法时, 应该考虑哪几个因素?(5 分)

答: 知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的般方法, 是一种数据结构与控制结构的统一体, 既考虑知识的存储又考虑知识的使用。知识表示实际上就是对人类知识的一种描述, 以把人类知识表示成计算机能够处理的数据结构。对知识进行表示的过程就是把知识编码成某种数据结构的过程。(3 分)

在选择知识表示方法时, 应该考虑以下几个因素: (1) 能否充分表示相关的领域知识; (2) 是否有利于对知识的利用; (3) 是否便于知识的组织、维护和管理; (4) 是否便于理解和实现。(2 分)

4. 框架表示法有什么特点?(5 分)

答: 框架表示法有如下特点: 结构性、继承性、自然性。(5 分)

5. 何谓产生式系统? 它由哪几部分组成?(5 分)

答: 把一组产生式放在一起, 让它们相互配合, 协同作用, 一个产生式生成的结论可以供另一个产生式作为已知事实使用, 以求得问题的解, 这样的系统称为产生式系统。(2 分)

产生式系统一般由三个基本部分组成: 规则库、综合数据库和推理机。(3 分)

6. 产生式系统中, 推理机的推理方式有哪几种? 请分别解释说明。(5 分)

答: 产生式系统推理机的推理方式有正向推理、反向推理和双向推理三种。

正向推理: 正向推理是从已知事实出发, 通过规则库求得结果。

反向推理: 反向推理是从目标出发, 反向使用规则, 求证已知的事实。

双向推理: 双向推理是既自顶向下又自底向上的推理。推理从两个方向进行, 直至在某一个中间界面上两方向结果相符便成功结束; 如两方衔接不上, 则推理失败。

学号:

姓名:

班级:

7. 什么是搜索？有哪两大类不同的搜索方法？（5分）

答：搜索是一种求解问题的方法，是寻找从问题初始事实最终答案的推理路线的一种过程。在利用这种方法求解问题，要按照一定的策略，从知识库中寻找可利用的知识，从而构造一条使问题获得解决的推理路线。（3分）

有两大类搜索方法，即盲目搜索和启发式搜索。（2分）

8. 什么是盲目搜索？主要有几种盲目搜索策略？（5分）

答：盲目搜索又称无信息搜索，即在搜索过程中，只按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略。（2分）

主要的盲目搜索策略有：宽度优先搜索、深度优先搜索、有界深度优先搜索、代价树的宽度优先搜索和代价树的深度优先搜索。（3分）

9. 证据传递的不确定性指什么？（5分）

答：在推理过程中常常有这种情况：一条规则的结论又是另一条规则的前提。这样，不确定的初始证据就会沿着这条推理链向下传递，其不确定性在传递的过程中会伴随着规则的不确定性不断地放大或缩小。（5分）

10. 请用一阶谓词逻辑法表示：“有的人喜欢梅花，有的人喜欢菊花，有的人既喜欢梅花又喜欢菊花”。（5分）

答：定义谓词及个体。设 $LIKE(x, y)$ 表示：x 喜欢 y，Meihua 表示梅花，Juhua 表示菊花。（1分）

则：（4分）

$(\exists x) LIKE(x, Meihua) \wedge (\exists y) LIKE(y, Juhua) \wedge (\exists z) (LIKE(z, Meihua) \wedge LIKE(z, Juhua))$

证明与推理（每题 8 分，共 16 分）

1. 每个储蓄的人都是为了获取利息。求证：对某个人来说，如果不能获取利息，则他就不会储蓄。

加的是问题的否定

证明：

定义谓词。Save(x)：表示 x 储蓄钱；Interest(x)：表示 x 获得利息。（2分）

将前提和要求证的问题之否定化成子句集：（3分）

(1) $\sim Save(x) \vee Interest(x)$

(2) $\sim Interest(y)$

(3) Save(y)

利用归结原理对上面的子句集中的子句进行归结：（3分）

(4) $\sim Save(y)$ (1) 与 (2) 归结， $\sigma = \{y/x\}$

(5) NIL (3) 与 (4) 归结

证毕。

2. 任何兄弟都有同一个父亲，John 和 Peter 是兄弟，且 John 的父亲是 David，问 Peter 的父亲是谁？（8分）

解：定义谓词。Father(x, y)：x 是 y 的父亲；Brother(x, y)：x 和 y 是兄弟。（2分）

任何兄弟都有同一个父亲 $\text{Brother}(x,y) \quad \text{Father}(z,x) \quad \text{Father}(z,y)$

然后将已知条件和问题用谓词公式表示出来，并将问题公式的否定与谓词 ANSWER 做析取，得到子句集：（3 分）

(1) $\sim \text{Brother}(x,y) \vee \sim \text{Father}(z,x) \vee \text{Father}(z,y)$

(2) $\text{Brother}(\text{John}, \text{Peter})$

(3) $\text{Father}(\text{David}, \text{John})$

(4) $\sim \text{Father}(u, \text{Peter}) \vee \text{ANSWER}(u)$

应用归结原理进行归结：（3 分）

(5) $\sim \text{Brother}(\text{John}, y) \vee \text{Father}(\text{David}, y)$

(1) 与 (3) 归结, $\sigma = \{\text{David}/z, \text{John}/x\}$

(6) $\sim \text{Brother}(\text{John}, \text{Peter}) \vee \text{ANSWER}(\text{David})$

(4) 与 (5) 归结, $\sigma = \{\text{David}/u, \text{Peter}/y\}$

(7) $\text{ANSWER}(\text{David})$ (2) 与 (6) 归结

得到了归结式 $\text{ANSWER}(\text{David})$ ，答案即在其中，所 $u = \text{David}$ ，即 Peter 的父亲是 David。

计算题（8 分）

1. 在 MYCIN 系统中，有三条推出链球菌的规则，设其可信度因子分别是 $CF_1 = 0.21$ ， $CF_2 = 0.5$ ， $CF_3 = -0.4$ ，求：结论 H 的综合可信度 $CF_{1,2,3}(H)$ 。

解：首先计算 $CF_{1,2}(H)$ 。此时 $CF_1 > 0$ ， $CF_2 > 0$ ，所以使用组合函数公式中的第一个分支，即： $CF_{1,2}(H) = CF_1 + CF_2(1 - CF_1) = 0.21 + 0.5 \times (1 - 0.21) = 0.605$ （4 分）

然后再计算 $CF_{1,2}(H)$ 和 CF_3 的组合。因为 $CF_3 < 0$ ，所以应该使用组合函数公式的第三个分支，即： $CF_{1,2,3}(H) = (CF_{1,2} + CF_3) / (1 - \min\{|CF_{1,2}|, |CF_3|\}) = 0.34$ （4 分）

应用题（共 26 分）

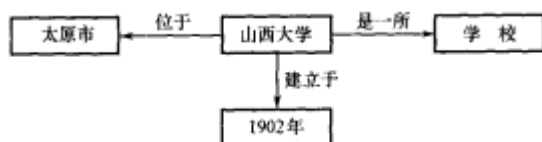
1. 设在语义网络系统的知识库中，存有下列事实的语义网络：（8 分）

山西大学是一个学校，位于太原市，建立时间是 1902 年。

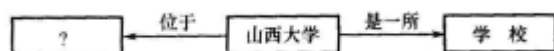
(1) 画出这一事实的语义网络；

(2) 假若将要求解的问题是：山西大学位于哪个城市？如何利用语义网络进行推理求解呢？

解：(1) 有关山西大学的语义网络如下：（4 分）

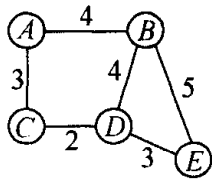


(2) 首先将待求解的问题表示成一个局部的语义网络，如下图所示：（2 分）

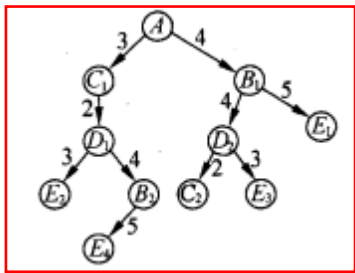


然后到语义网络系统的知识库中去匹配就会发现，与待求问题局部网络未知处相匹配的事实是“太原市”。所以，这个问题的解就是太原市。（2 分）

2. 求如下图所示的交通图中最小费用路线，设出发地是 A 城，目的地是 E 城，边上的数字代表交通费。（1）画出本问题的代价树；（2）对代价树进行广度优先搜索和深度优先搜索，得到的路线分别是什么？（8 分）



解：代价树如下：（4 分）



广度优先搜索得到的路线：A→C→D→E （2 分）

深度优先搜索得到的路线：A→C→D→E （2 分）

3. 一个专家系统可以简单地判断一个城市是不是一个值得旅游的城市，其知识库（CITY 库）中包含 17 个事实和 10 条规则（R_i 表示第 i 条规则，F_i 表示第 i 个事实）。

- R1: IF 好的城市 AND 有好的餐馆 THEN 是值得旅游的城市
- R2: IF 是历史名城 THEN 是值得旅游的城市
- R3: IF 当地人热情好客 AND 有民俗学传统 THEN 是值得旅游的城市
- R4: IF 有很多古迹 AND 有茂盛的草木 THEN 好的城市
- R5: IF 有本地的烹调传统 THEN 有好的餐馆
- R6: IF 有法国餐馆 THEN 有好的餐馆
- R7: IF 有意大利餐馆 THEN 有好的餐馆
- RS: IF 有很多博物馆 AND 是古老的城市 THEN 是历史名城
- R9: IF 是南方国家 AND 商业自由 THEN 当地人热情好客
- R10: IF 有很多公园 AND 有很多林荫大道 THEN 有茂盛的草木

（1）在下表中将 CITY 库中事实的属性填写完整，属性为可询问和不可询问。

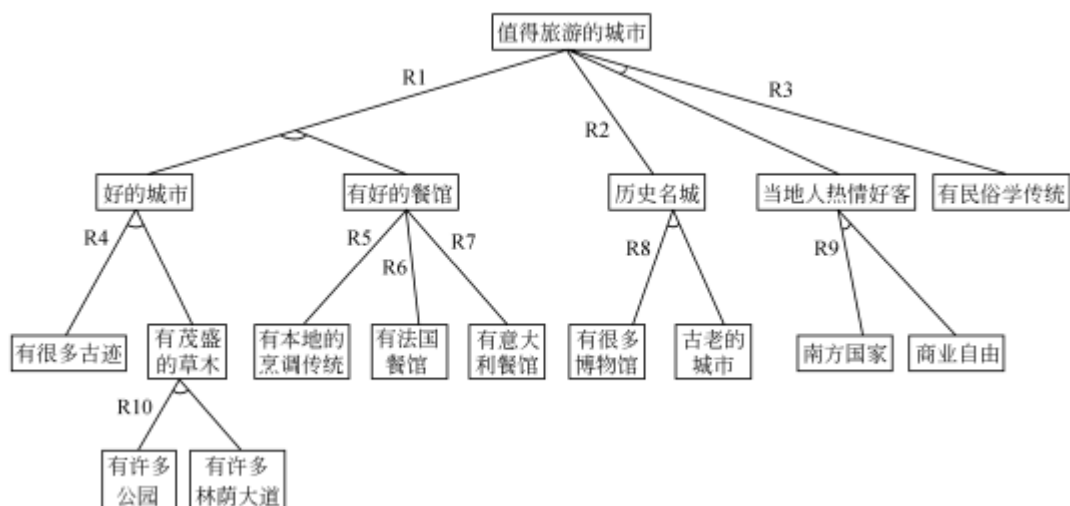
CITY 库中的事实		
编 号	名 字	属 性
F1	当地人热情好客	不可询问
F2	好的城市	不可询问
F3	有好的餐馆	
F4	商业自由	可询问
F5	有很多林荫大道	
F6	有很多古迹	
F7	有很多博物馆	可询问

F8	有很多公园	可询问
F9	是南方国家	
F10	有法国餐馆	可询问
F11	有意大利餐馆	可询问
F12	有本地的烹调传统	
F13	有民俗学传统	
F14	有茂盛的草木	不可询问
F15	是古老的城市	可询问
F16	是历史名城	
F17	是值得旅游的城市	

(2) 画出 CITY 库的与/或树

解：(1) 不可询问、可询问、可询问、可询问、可询问、可询问、不可询问、不可询问（每个属性 0.5 分，共 4 分）

(2) 与/或树如下：（6 分）



《人工智能与专家系统》试卷(2) 参考答案与评分标准

问答题(每题 5 分, 共 50 分)

1. 什么是人工智能? 它的研究目标是什么? (5 分)

答: 所谓人工智能, 就是用人工的方法在机器(计算机)上实现的智能; 或者说是人们使用机器模拟人类的智能。由于人工智能是在机器上实现的, 因此又可称之为机器智能。(3 分)

它的研究目标是构造可实现人类智能的智能计算机或智能系统。(2 分)

2. 证据传递的不确定性指什么? (5 分)

答: 在推理过程中常常有这种情况: 一条规则的结论又是另一条规则的前提。这样, 不确定的初始证据就会沿着这条推理链向下传递, 其不确定性在传递的过程中会伴随着规则的不确定性不断地放大或缩小。(5 分)

3. 什么是知识? 知识有什么特性? 什么是知识表示? (5 分)

答: 有格式的数据经过处理、解释过程会形成信息, 而把有关的信息关联到一起, 经过处理过程就形成了知识。(2 分)

知识的特性有: 相对正确性, 不确定性, 可表示性和可利用性。(1 分)

知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法, 是一种数据结构与控制结构的统一体, 既考虑知识的存储又考虑知识的使用。(2 分)

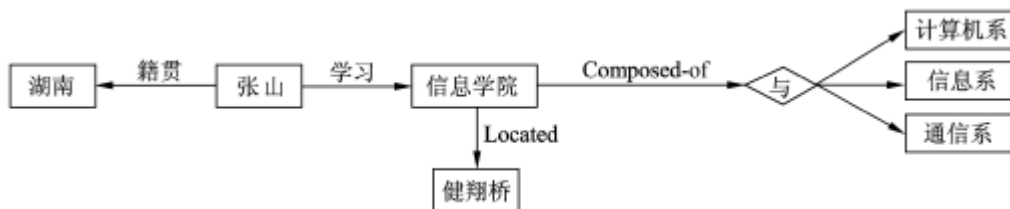
4. 请用一阶谓词逻辑法表示“太原市的夏天既干燥又炎热。”(5 分)

答: $State(x, y, z)$: x 市在 y 季节气候处于 z 状态。(1 分)

则: $State(太原, 夏天, 干燥) \wedge State(太原, 夏天, 炎热)$ (4 分)

5. 画出下列知识的语义网络: “籍贯为湖南的张山在信息学院读书, 该学校位于健翔桥附近, 该校由计算机系、信息系和通信系组成。” (5 分)

答: 语义网络如下图:



6. 产生式系统中, 推理机的推理方式有哪几种? 在产生式推理过程中, 如果发生策略冲突, 如何解决? (5 分)

答: 产生式系统推理机的推理方式有正向推理、反向推理和双向推理三种。(3 分)

在产生式推理过程中，如果发生规则冲突，要利用冲突解决策略进行启用规则的选择，专一性排序、规则排序、规模排序和就近排序是比较常见的冲突解决策略。
(2 分)

7. 什么是归结控制策略？什么样的归结控制策略是完备的？(5 分)

答：对子句集 S 进行归结时，如果采用盲目的、全面的归结，其结果将产生大量的不必要的归结式，如果要在计算机上实现，不但浪费计算机的存储空间，而且要浪费大量的计算时间。为了解决这一问题，研究如何选择合适的子句进行归结，以避免多余的、不必要的归结式的出现，这就是归结控制策略。(3 分)

归结控制策略有完备与不完备之分。如果子句集 S 是不可满足的，当且仅当用某归结控制策略能够归结出空子句。则称该归结控制策略为完备的归结控制策略。
(2 分)

8. 什么是盲目搜索？主要有几种盲目搜索策略？(5 分)

答：盲目搜索又称无信息搜索，即在搜索过程中，只按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略。(2 分)

主要的盲目搜索策略有：宽度优先搜索、深度优先搜索、有界深度优先搜索、代价树的宽度优先搜索和代价树的深度优先搜索。(3 分)

9. 一阶谓词逻辑表示法适于表示什么类型的知识？它有何特点？(5 分)

答：一阶谓词逻辑表示法适于表示确定性的知识。(2 分)
它具有自然性、精确性、严密性及易实现等特点。(3 分)

10. 支持集策略对参加归结的子句提出了什么限制？(5 分)

答：支持集策略要求在每次归结时，亲本子句中至少应有一个是由目标的否定所得到的子句或者它们的后代。(5 分)

证明与推理（每题 8 分，共 16 分）

1. 设公理集：

$P,$
 $(P \wedge Q) \rightarrow R,$
 $(S \vee T) \rightarrow Q,$
 T

用归结原理求证： R

证明：(1) 子句集：(4 分)

- (1) P
- (2) $\sim P \vee \sim Q \vee R$
- (3) $\sim S \vee Q$
- (4) $\sim T \vee Q$
- (5) T
- (6) $\sim R$ (目标求反)
- (2) 归结：(4 分)
- (7) $\sim P \vee \sim Q$ (2, 6)

- (8) $\sim Q$ (1, 7)
 (9) $\sim T$ (4, 8)
 (10) nil (5, 9)

2. 已知: If Fido goes wherever John goes and if John is at school, 用归结原理求解: Where is Fido?

解: (1) 化为谓词公式: (2 分)

$(\forall x)[AT(John, x) \rightarrow AT(Fido, x)], AT(John, School)$, 求证: $(\exists x)AT(Fido, x)$

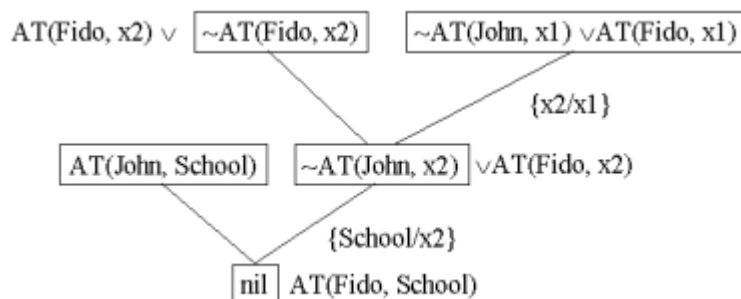
(2) 化为子句集: (2 分)

$\sim AT(John, x1) \vee AT(Fido, x1)$

$AT(John, School)$

$\sim AT(Fido, x2)$

(3) 修改证明树: (4 分)



计算题 (8 分)

1. 已知:

R1: IF A_1 THEN B_1 $CF(B_1, A_1)=0.8$

R2: IF A_2 THEN B_1 $CF(B_1, A_2)=0.5$

R3: IF $B_1 \wedge A_3$ THEN B_2 $CF(B_2, B_1 \wedge A_3)=0.8$

设初始证据 A_1, A_2, A_3 的可信度均为 1, 即 $CF(A_1)=CF(A_2)=CF(A_3)=1$, 而对 B_1 几乎一无所知。求 $CF(B_1)$ 和 $CF(B_2)$ (8 分)

解: ①对知识 R1, R2, 分别计算 $CF(B_1)$ 。

$CF_1(B_1)=CF(B_1, A_1) \times \max\{0, CF(A_1)\}=0.8 \times 1=0.8$ (2 分)

$CF_2(B_1)=CF(B_1, A_2) \times \max\{0, CF(A_2)\}=0.5 \times 1=0.5$ (2 分)

②利用合成算法计算 B_1 的综合可信度。

$CF_{1,2}(B_1)=CF_1(B_1)+CF_2(B_1)-CF_1(B_1) \times CF_2(B_1)=0.8+0.5-0.8 \times 0.5=0.9$ (2 分)

③计算 B_2 的可信度 $CF(B_2)$: (2 分)

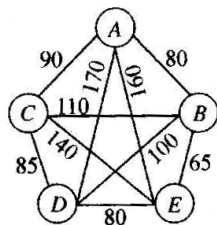
$CF(B_2)=CF(B_2, B_1 \wedge A_3) \times \max\{0, CF(B_1 \wedge A_3)\}$

$=CF(B_2, B_1 \wedge A_3) \times \max\{0, \min\{CF(B_1), CF(A_3)\}\}$

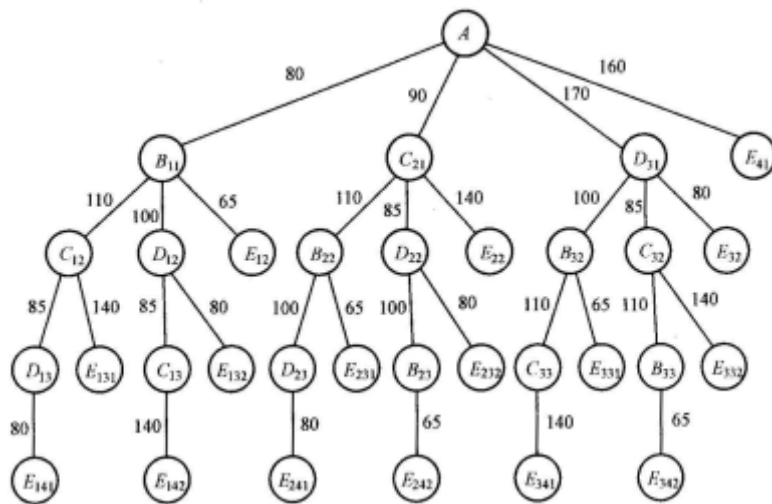
$=0.8 \times \max\{0, 0.9\}=0.8 \times 0.9=0.72$

应用题（共 26 分）

1. 推销员旅行问题。设有 5 个相互可直达的城市 A、B、C、D、E，如图 5.23 所示，各城市间的交通费用已在图中标出。推销员从城市 A 出发，去每个城市各旅行一次，最后到达城市 E。（1）画出该问题的代价树；（2）请找出一条费用最省的旅行路线。



解：（1）代价树如下图：（6 分）



（2）A→C→D→B→E （2 分）

2. 用全局择优搜索法求解重排九宫问题，设初始状态 S_0 和目标状态 S_g 如下：

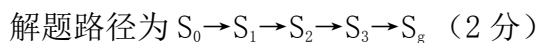
$$S_0 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 3 \\ 1 & & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 8 & & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix} S_g$$

估价函数定义： $f(x) = d(x) + h_1(x)$ ，其中 $d(x)$ 表示结点 x 的深度， $h_1(x)$ 表示结点 x 中的数字位置和目标结点中不相同的数字个数。例如：

$$\begin{bmatrix} 8 & 1 & 2 \\ 6 & & 3 \\ 7 & 5 & 4 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & & 3 \\ 7 & 4 & 5 \end{bmatrix} \\ h_1(x)=7 \quad h_1(x)=6$$

（1）画出全局择优搜索树，在每个结点旁注明该结点的 f 值；（2）给出解题路径

解：全局择优搜索树如下图所示：（6 分）



R1:	IF	好的城市	AND	有好的餐馆	THEN	是值得旅游的城市
R2:	IF	是历史名城	THEN	是值得旅游的城市		
R3:	IF	当地人热情好客	AND	有民俗学传统	THEN	是值得旅游的城市
R4:	IF	有很多古迹	AND	有茂盛的草木	THEN	好的城市
R5:	IF	有本地的烹调传统	THEN	有好的餐馆		
R6:	IF	有法国餐馆	THEN	有好的餐馆		
R7:	IF	有意大利餐馆	THEN	有好的餐馆		
R8:	IF	有很多博物馆	AND	是古老的城市	THEN	是历史名城
R9:	IF	是南方国家	AND	商业自由	THEN	当地人热情好客
R10:	IF	有很多公园	AND	有很多林荫大道	THEN	有茂盛的草木

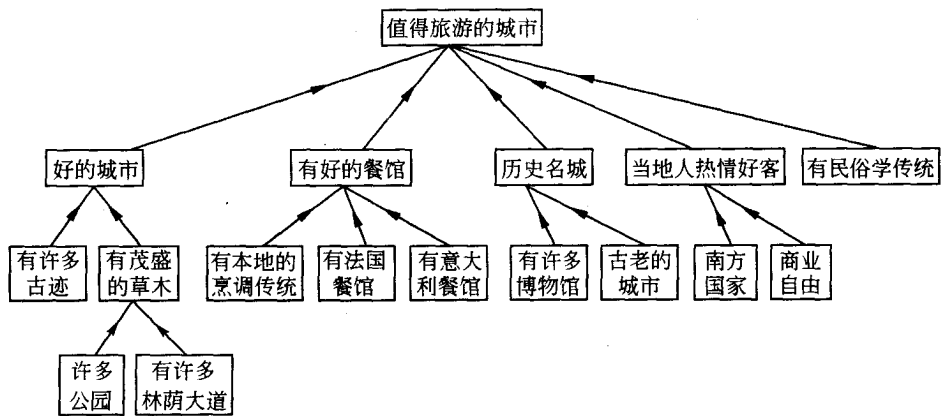
编 号	名 字
F1	当地人热情好客
F2	
F3	
F4	
F5	有很多林荫大道
F6	有很多古迹
F7	有很多博物馆
F8	有很多公园
F9	是南方国家
F10	
F11	
F12	有本地的烹调传统

F13	有民俗学传统
F14	有茂盛的草木
F15	
F16	
F17	

(2) 画出 CITY 库的依赖图。(6 分)

解：(1) 好的城市、有好的餐馆、商业自由、有法国餐馆、有意大利餐馆、是古老的城市、是历史名城、是值得旅游的城市。(每个事实 0.5 分，共 4 分)

(2) CITY 库的依赖图如下：(6 分)



《人工智能与专家系统》试卷（3）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 何谓产生式系统？它由哪几部分组成？（5 分）

答：把一组产生式放在一起，让它们相互配合，协同作用，一个产生式生成的结论可以供另一个产生式作为已知事实使用，以求得问题的解，这样的系统称为产生式系统。（2 分）

产生式系统一般由三个基本部分组成：规则库、综合数据库和推理机。（3 分）

2. 什么是人工智能？人工智能有哪几个主要学派？（5 分）

答：所谓人工智能，就是用人工的方法在机器（计算机）上实现的智能；或者说是人们使用机器模拟人类的智能。由于人工智能是在机器上实现的，因此又可称之为机器智能。（2 分）

人工智能的主要学派有：符号主义、联结主义、行为主义。（3 分）

3. 什么是知识？什么是知识表示？（5 分）

答：有格式的数据经过处理、解释过程会形成信息，而把有关的信息关联到一起，经过处理过程就形成了知识。（2 分）

知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法，是一种数据结构与控制结构的统一体，既考虑知识的存储又考虑知识的使用。（3 分）

4. 支持集归结策略对参加归结的子句有什么限制？（5 分）

答：支持集策略要求在每次归结时，亲本子句中至少应有一个是由目标的否定所得到的子句或者它们的后代。（5 分）

5. 请用一阶谓词逻辑法表示“喜欢玩篮球的人必喜欢玩排球。”（5 分）

答： $Likeplay(x, y)$ 表示 x 喜欢玩 y 。（1 分）

$(\exists x)(Likeplay(x, \text{篮球}) \rightarrow Likeplay(x, \text{排球}))$ （4 分）

6. 产生式系统中，推理机的推理方式有哪几种？在产生式推理过程中，如果发生策略冲突，如何解决？（5 分）

答：产生式系统推理机的推理方式有正向推理、反向推理和双向推理三种。（3 分）

在产生式推理过程中，如果发生规则冲突，要利用冲突解决策略进行启用规则的选择，专一性排序、规则排序、规模排序和就近排序是比较常见的冲突解决策略。（2 分）

7. 有哪两大类不同的搜索方法？两者的区别是什么？（5 分）

答：有两大类搜索方法：盲目搜索和启发式搜索。（2 分）

盲目搜索在搜索过程中，按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略，搜索带有盲目性，效率不高。而启发式搜索在搜索求解过程中，根据问题本身的特性或搜索过程中产生一些信息来不断地改变或调整搜索的方向，使搜索朝着最有希望的方向前进，加速问题的求解，并找到最优解。启发式搜索的求解效率更高，更易于求解复杂的问题。（3分）

8. 请解释框架表示法的结构性、继承性、自然性。（5分）

答：结构性：框架表示法最突出的特点是它善于表达结构性的知识，能够把知识的内部结构关系及知识间的联系表示出来，是一种结构化的知识表示方法。

继承性：在框架网络中，下层框架可以继承上层框架的槽值，也可以进行补充和修改。这样不仅减少了知识的冗余，而且较好地保证了知识的一致性。

自然性：框架表示法体现了人们在观察事物时的思维活动，与人们的认识活动是一致的。

9. 产生式的基本形式是什么？它与谓词逻辑中的蕴含式有什么共同处及不同处？（5分）

答：产生式的基本形式是“IF P THEN Q”，其中，P是产生式的前提，用于指出该产生式是否可用的条件；Q是一组结论或操作，用于指出前提P所指示的条件被满足时，应该得出的结论或应该执行的操作。（2分）

产生式基本形式与谓词逻辑中蕴含式的共同之处是具有相同的形式。它们的区别是：蕴含式只能表示精确性知识，其逻辑值要么为真，要么为假；而产生式不仅可以表示精确性知识，而且可以表示不精确知识。（3分）

10. 用状态空间法表示问题时，什么是问题的解？求解过的本质是什么？

答：用状态空间法表示问题时，问题的解就是有向图中从某一节点（初始状态节点）到另一节点（目标状态节点）的路径。（2分）

求解过程的本质就是对状态空间图的搜索，即在状态空间图上寻找一条从初始状态到目标状态的路径。（3分）

证明与推理（每题8分，共16分）

1. 每个读书的人都是为了获得知识。证明：对某个人来说，若不能获得知识，则他就不会读书。（8分）

证明：

定义谓词。read(x)：表示x读书；knowledge(x)：表示x获得知识。（2分）

将前提和要求证的问题之否定化成子句集：（3分）

(1) $\sim \text{read}(x) \vee \text{knowledge}(x)$

(2) $\sim \text{knowledge}(y)$

(3) read(y)

利用归结原理对上面的子句集中的子句进行归结：（3分）

(4) $\sim \text{read}(y)$ (1)与(2)归结， $\sigma = \{y/x\}$

(5) NIL (3)与(4)归结

证毕。

2. 已知：如果约翰在哪里菲多就在哪里，并且约翰在学校里；请用归结原理求解：菲多在哪里？（8分）

解：（1）化为谓词公式：（2分）

约翰：John，菲多：Fido，学校：School

$(\forall x)[AT(John, x) \rightarrow AT(Fido, x)]$ ， $AT(John, School)$ ，求证： $(\exists x)AT(Fido, x)$

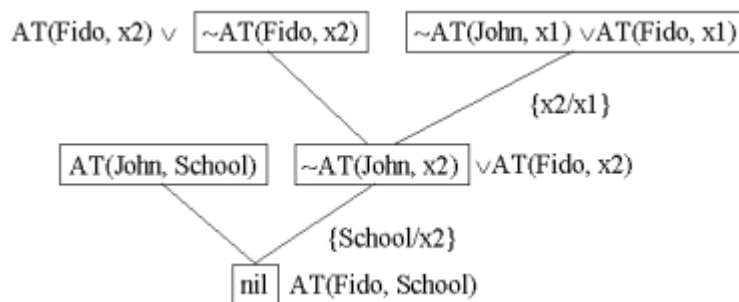
（2）化为子句集：（2分）

$\sim AT(John, x1) \vee AT(Fido, x1)$

$AT(John, School)$

$\sim AT(Fido, x2)$

（3）修改证明树：（4分）



计算题（8分）

1. 有三条规则，设其可信度因子分别是 $CF_1 = 0.21$ ， $CF_2 = 0.5$ ， $CF_3 = -0.4$ ，求：结论H的综合可信度 $CF_{1,2,3}(H)$ 。

解：首先计算 $CF_{1,2}(H)$ 。此时 $CF_1 > 0$ ， $CF_2 > 0$ ，所以使用组合函数公式中的第一个分支，即： $CF_{1,2}(H) = CF_1 + CF_2(1 - CF_1) = 0.21 + 0.5 \times (1 - 0.21) = 0.605$ （4分）

然后再计算 $CF_{1,2}(H)$ 和 CF_3 的组合。因为 $CF_3 < 0$ ，所以应该使用组合函数公式的第三个分支，即： $CF_{1,2,3}(H) = (CF_{1,2} + CF_3) / (1 - \min\{|CF_{1,2}|, |CF_3|\}) = 0.34$ （4分）

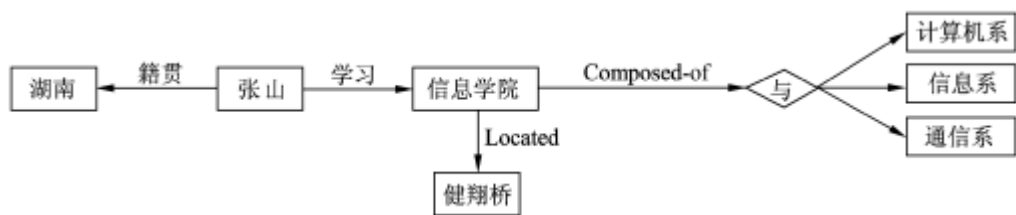
应用题（第1、2题各8分，第3题10分，共26分）

1. 已知在知识库中有下列知识的语义网络：

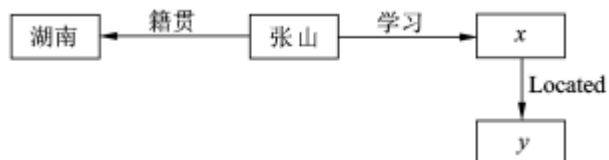
“籍贯为湖南的张山在信息学院读书，该学校位于健翔桥附近，该校由计算机系、信息系和通信系组成。”

（1）画出该知识的语义网络；（2）若要求解“湖南的张山学习的学校位于什么地方”，如何利用语义网络进行推理求解呢？

解：（1）语义网络如下图：（4分）



(2) 首先将待求解的问题表示成一个局部的语义网络，如下图所示：(2 分)

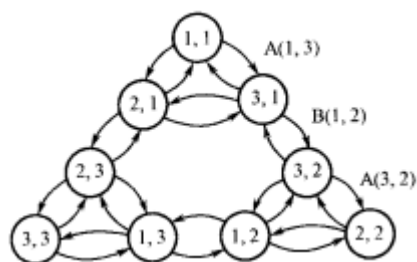


然后到语义网络系统的知识库中去匹配就会发现，与待求问题局部网络未知处相匹配的事实是“健翔桥”。所以，这个问题的解就是健翔桥。(2 分)

2. 二阶 Hanoi 塔问题。已知三个柱子 1、2、3 和两个盘子 A、B (A 比 B 小)。初始状态 A、B 在柱 1，目标状态时 A、B 在柱 3。每次可以移动一个柱子上部的一个盘子，任何时候大盘都不能放在小盘之上。(1) 画出其状态空间图；(2) 从初始状态 S_0 到目标状态 S_g 的最短的解路径长度是多少？由哪些算符组成？

解：(1) 设用 $S_k = (S_{kA}, S_{kB})$ 表示问题的状态， S_{kA} 表示盘子 A 所在的柱号， S_{kB} 表示盘子 B 所在的柱号。问题的初始状态集合为 $S = \{S_0\}$ ，目标状态集合为 $G = \{S_g\}$ 。定义算符 $A(i, j)$ 表示把盘子 A 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作；算符 $B(i, j)$ 表示把盘子 B 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作。

得到二阶 Hanoi 塔的状态空间图如下：(5 分)

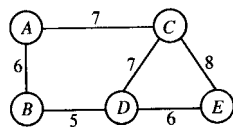


(2) 从初始状态 S_0 到目标状态 S_g 的最短的解路径长度是 3；(1 分)

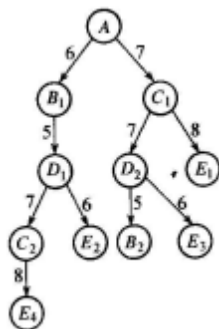
它由 3 个算符组成，这 3 个算符是 $A(1, 2)$ 、 $B(1, 3)$ 、 $A(2, 3)$ 。(2 分)

3. 推销员旅行问题。假设 A、B、C、D 和 E 是五个城市，推销员从城市 A 出发到达城市 E，走怎样的路线费用最省？五个城市间的交通图及五个城市间的旅行费用如

下图所示，图中的数字即是旅行费。（1）画出该问题的代价树；（2）对代价树进行深度优先搜索得到的路线是什么？该路线的代价是多少？（8 分）



解：代价树如下：（4 分）



进行深度优先搜索得到的路线是 $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E$ 。（2 分）

该路线的代价是 17。（2 分）

《人工智能与专家系统》试卷（4）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 证据传递的不确定性指什么？（5 分）

答：在推理过程中常常有这种情况：一条规则的结论又是另一条规则的前提。这样，不确定的初始证据就会沿着这条推理链向下传递，其不确定性在传递的过程中会伴随着规则的不确定性不断地放大或缩小。（5 分）

2. 请写出“学生框架”的描述。（5 分）

答：

框架名：<学生>

姓名：单位（姓和名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

缺省（男）

健康状况：范围（健康，一般，差）

缺省（一般）

所在系别：单位（系）

专业：范围（系中所包含的专业列表）

入学时间：单位（年，月）

毕业时间：单位（年，月）

成绩：范围（优，良，中，差）

缺省（良）

是否学生干部：范围（是，否）

缺省（否）

3. 什么是知识表示？在选择知识表示方法时，应该考虑哪几个因素？（5 分）

答：知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的般方法，是一种数据结构与控制结构的统一体，既考虑知识的存储又考虑知识的使用。知识表示实际上就是对人类知识的一种描述，以把人类知识表示成计算机能够处理的数据结构。对知识进行表示的过程就是把知识编码成某种数据结构的过程。（3 分）

在选择知识表示方法时，应该考虑以下几个因素：能否充分表示相关的领域知识；是否有利于对知识的利用；是否便于知识的组织、维护和管理；是否便于理解和实现。（2 分）

4. 支持集归结策略对参加归结的子句有什么限制？（5 分）

答：支持集策略要求在每次归结时，亲本子句中至少应有一个是由目标的否定所得到的子句或者它们的后代。（5 分）

5. 请用一阶谓词逻辑法表示“喜欢跳舞的人必喜欢唱歌。”（5 分）

答： $Like(x, y)$ 表示 x 喜欢 y ；（1 分）

$(\exists x)(Like(x, 跳舞) \rightarrow Like(x, 唱歌))$ (4 分)

6. 产生式系统中, 推理机的推理方式有哪几种? 在产生式推理过程中, 如果发生策略冲突, 如何解决? (5 分)

答: 产生式系统推理机的推理方式有正向推理、反向推理和双向推理三种。在产生式推理过程中, 如果发生规则冲突, 要利用冲突解决策略进行启用规则的选择, 专一性排序、规则排序、规模排序和就近排序是比较常见的冲突解决策略。

7. 人工智能的研究目标是什么? 它有哪些主要学派? (5 分)

答: 人工智能的研究目标是构造可实现人类智能的智能计算机或智能系统。(2 分)

人工智能的主要学派有: 符号主义、联结主义、行为主义。(3 分)

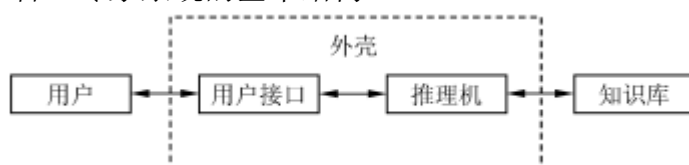
8. 框架表示法结构性、继承性各是指什么? (5 分)

答: 结构性: 框架表示法最突出的特点是它善于表达结构性的知识, 能够把知识的内部结构关系及知识间的联系表示出来, 是一种结构化的知识表示方法。

继承性: 在框架网络中, 下层框架可以继承上层框架的槽值, 也可以进行补充和修改。这样不仅减少了知识的冗余, 而且较好地保证了知识的一致性。

9. 画出专家系统的结构简图。(5 分)

答: 专家系统的基本结构:



10. 专家系统是人工智能中最激动人心的领域之一, 取得了丰硕的成果。你认为主要原因是什么? (5 分)

答: 主要原因有两个: 首先, 专家系统都是一些家用程序, 可以用来完成某一方面的任务; 其次, 专家系统的目标是可以达到的, 因而激发了人们开发专家系统的热情。(5 分)

证明与推理 (每题 8 分, 共 16 分)

1. 设已知:

(1) 能阅读的人是识字的。

(2) 海豚不识字。

(3) 有些海豚是很聪明的。

用归结策略证明: 有些很聪明的人并不识字。

证明: 首先定义谓词和常量: (2 分)

$Read(x)$ 表示 x 是能阅读的; $Know(y)$ 表示 y 是识字的; $Wise(z)$ 表示 z 是很聪明的; r 表示人类, h 表示海豚。

然后将已知事实和目标的否定用谓词公式表示出来, 并将它们化成子句集: (2

分)

(1) $\sim \text{Read}(r) \vee \text{Know}(r)$

(2) $\sim \text{Know}(h)$

(3) $\text{Wise}(a)$

(4) $\sim \text{Wise}(r) \vee \text{Know}(r)$

最后对以上子句集进行归结。(4分)

(5) $\text{Know}(a)$ (3)与(4)归结, $\sigma = \{a/r\}$

(6) NIL (2)与(5)归结, $\sigma = \{a/h\}$

从而命题得证。

2. 已知范真的老师是张先生, 范真与李伟是同班同学。如果 X 与 Y 是同班同学, 则 X 的老师也是 Y 的老师。请问李伟的老师是谁?

解: $\text{Teacher}(x, y)$: x 是 y 的老师; $\text{Classmate}(x, y)$: x 和 y 是同班同学。(2

分)

然后将已知条件和问题用谓词公式表示出来, 并将问题公式的否定与谓词 ANSWER 做析取, 得到子句集:(3分)

(1) $\sim \text{Classmate}(x, y) \vee \sim \text{Teacher}(z, x) \vee \text{Teacher}(z, y)$

(2) $\text{Classmate}(\text{fan}, \text{li})$

(3) $\text{Teacher}(\text{zhang}, \text{fan})$

(4) $\sim \text{Teacher}(u, \text{li}) \vee \text{ANSWER}(u)$

应用归结原理进行归结:(3分)

(5) $\sim \text{Classmate}(\text{fan}, y) \vee \text{Teacher}(\text{zhang}, y)$

(1)与(3)归结, $\sigma = \{\text{zhang}/z, \text{fan}/x\}$

(6) $\sim \text{Classmate}(\text{fan}, \text{li}) \vee \text{ANSWER}(\text{zhang})$

(4)与(5)归结, $\sigma = \{\text{zhang}/u, \text{li}/y\}$

(7) $\text{ANSWER}(\text{zhang})$ (2)与(6)归结

得到了归结式 $\text{ANSWER}(\text{zhang})$, 答案即在其中, 所以 $u=\text{zhang}$, 即李伟的老师是张先生。

计算题 (本大题共 1 题, 共 8 分)

1. 有以下三条规则:

IF E_1 THEN H_1 $CF(H_1, E_1)=0.8$

IF E_2 THEN H_1 $CF(H_1, E_2)=0.5$

IF $H_1 \wedge E_3$ THEN H_2 $CF(H_2, H_1 \wedge E_3)=0.8$

设初始证据 E_1, E_2, E_3 的可信度均为 1, 即 $CF(E_1)=CF(E_2)=CF(E_3)=1$, 而对 H_1 几乎一无所知。求 $CF(H_1)$ 和 $CF(H_2)$ (8分)

解: ①对知识 R_1, R_2 , 分别计算 $CF(H_1)$ 。

$CF_1(H_1)=CF(H_1, E_1) \times \max\{0, CF(E_1)\}=0.8 \times 1=0.8$ (2分)

$CF_2(H_1)=CF(H_1, E_2) \times \max\{0, CF(E_2)\}=0.5 \times 1=0.5$ (2分)

②利用合成算法计算 H_1 的综合可信度。

$CF_{1,2}(H_1)=CF_1(H_1)+CF_2(H_1)-CF_1(H_1) \times CF_2(H_1)=0.8+0.5-0.8 \times 0.5=0.9$ (2

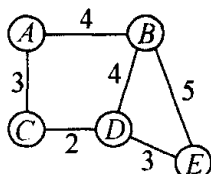
分)

③计算 H_2 的可信度 $CF(H_2)$: (2分)

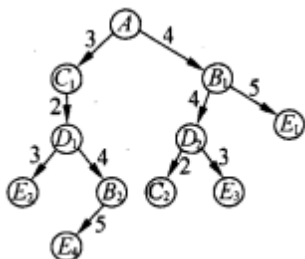
$$\begin{aligned}
 CF(H_2) &= CF(H_2, H_1 \wedge E_3) \times \max\{0, CF(H_1 \wedge E_3)\} \\
 &= CF(H_2, H_1 \wedge E_3) \times \max\{0, \min\{CF(H_1), CF(E_3)\}\} \\
 &= 0.8 \times \max\{0, 0.9\} = 0.8 \times 0.9 = 0.72
 \end{aligned}$$

应用题（第 1、2 题各 8 分，第 3 题 10 分，共 26 分）

1. 求如下图所示的交通图中最小费用路线，设出发地是 A 城，目的地是 E 城，边上的数字代表交通费。（1）画出本问题的代价树；（2）对代价树进行广度优先搜索得到的路线是什么？该路线的代价是多少？（8 分）



解：代价树如下：（4 分）



广度优先搜索得到的路线：A→C→D→E （2 分）

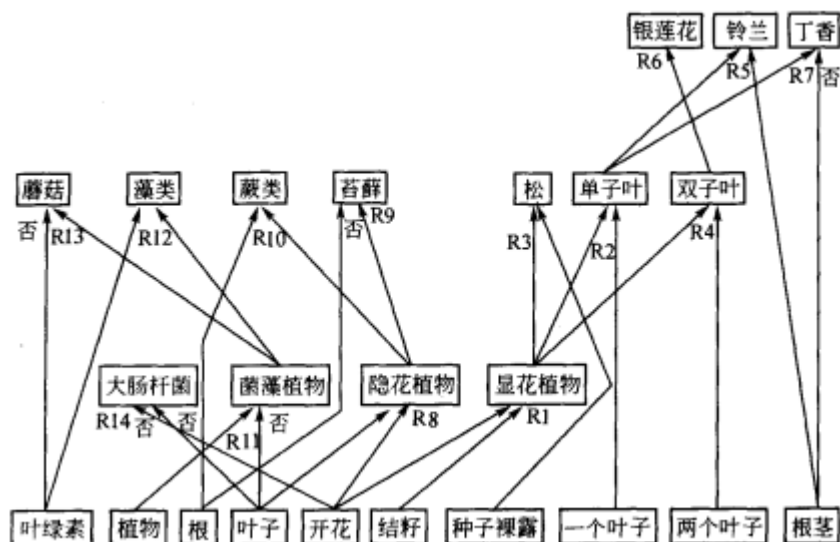
代价为 8 （2 分）

2. 画出植物分类库 BOTANI 对应的依赖图

/ * BOTANI * /

- R1. IF 开花 AND 结籽 THEN 显花植物
- R2. IF 显花植物 AND 一片叶子 THEN 单子叶
- R3. IF 显花植物 AND 种子裸露 THEN 松
- R4. IF 显花植物 AND 两片叶子 THEN 双子叶
- R5. IF 单子叶 AND 有根茎 THEN 铃兰
- R6. IF 双子叶 THEN 银莲花
- R7. IF 单子叶 AND 无根茎 THEN 丁香
- R8. IF 有叶子 AND 开花 THEN 隐花植物
- R9. IF 隐花植物 AND 无根 THEN 苔藓
- R10. IF 隐花植物 AND 有根 THEN 蕨类
- R11. IF 无叶子 AND 植物 THEN 菌藻植物
- R12. IF 菌藻植物 AND 有叶绿素 THEN 藻类
- R13. IF 菌藻植物 AND 无叶绿素 THEN 蘑菇
- R14. IF 无叶子 AND 无花 THEN 大肠杆菌

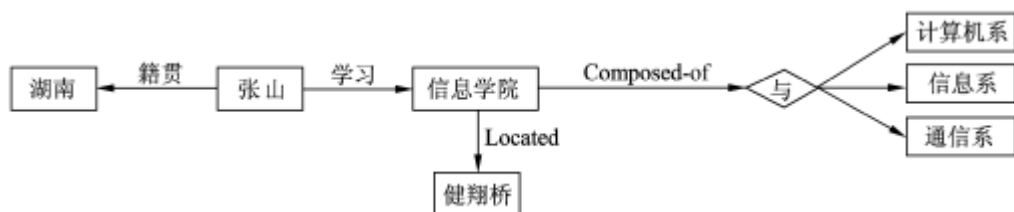
解：依赖图如下：（8 分）



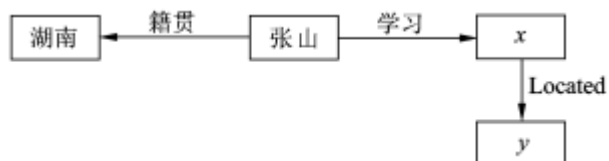
3. (1) 画出下列知识的语义网络：“籍贯为湖南的张山在信息学院读书，该学校位于健翔桥附近，该校由计算机系、信息系和通信系组成。”

(2) 已知在知识库中有上述知识的语义网络，如何利用语义网络进行推理求解问题：湖南的张山学习的学校位于什么地方？

解：(1) 语义网络如下图：(4 分)



(2) 首先将待求解的问题表示成一个局部的语义网络，如下图所示：(2 分)



然后到语义网络系统的知识库中去匹配就会发现，与待求问题局部网络未知处相匹配的事实是“健翔桥”。所以，这个问题的解就是健翔桥。(2 分)

《人工智能与专家系统》试卷（5）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 写出专家系统的三条优点。（5 分）

答：任写三条即可。

（1）随叫随到，方便实用。专家系统可以一天 24 小时地提供服务。（2）计算机专家系统永远保持同样的知识水平。（3）与人类专家相比，专家系统工作时始终处于顶峰状态，它总能产生最好的建议。（4）计算机专家系统没有个性，它为所有的用户提供无差别的服务。用户使用专家系统也没有个性方面的考虑。（5）专家系统可以复制，相当于产生多个专家，而人类专家的培养则需要很长的时间。

2. 人工智能的研究目标是什么？它有哪些主要学派？（5 分）

答：人工智能的研究目标是构造可实现人类智能的智能计算机或智能系统。（2 分）

人工智能的主要学派有：符号主义、联结主义、行为主义。（3 分）

3. 写出“教师框架”的描述。（5 分）

答：

框架名：〈教师〉

姓名：单位（姓，名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

默认：男

职称：范围（教授，副教授，讲师，助教）

默认：讲师

部门：单位（系，教研室）

参加工作时间：单位（年，月）

4. 用一阶谓词逻辑法表示“常州的冬天既干燥又寒冷。”（5 分）

答： $State(x, y, z)$ 表示 x 市在 y 气候季节处于 z 状态。（1 分）

$State(\text{常州}, \text{冬天}, \text{干燥}) \wedge State(\text{常州}, \text{冬天}, \text{寒冷})$ （4 分）

5. 何谓产生式系统？它由哪几部分组成？（5 分）

答：把一组产生式放在一起，让它们相互配合，协同作用，一个产生式生成的结论可以供另一个产生式作为已知事实使用，以求得问题的解，这样的系统称为产生式系统。（2 分）

产生式系统一般由三个基本部分组成：规则库、综合数据库和推理机。（3 分）

6. 规则库中，概念共享和概念分离各指什么？在哪种情况下，其与 / 或树和

依赖图是相一致的？（5分）

答：对系统中的所有事实，如果在规则的条件部分只出现一次，则称这样的系统是概念分离的，否则就是概念共享的。（4分）

在概念分离的情况下，其与 / 或树和依赖图是相一致的。（1分）

7. 有哪两大类不同的搜索方法？两者的区别是什么？（5分）

答：有两大类搜索方法：盲目搜索和启发式搜索。（2分）

盲目搜索在搜索过程中，按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略，搜索带有盲目性，效率不高。而启发式搜索在搜索求解过程中，根据问题本身的特性或搜索过程中产生一些信息来不断地改变或调整搜索的方向，使搜索朝着最有希望的方向前进，加速问题的求解，并找到最优解。启发式搜索的求解效率更高，更易于求解复杂的问题。（3分）

8. 产生式的基本形式是什么？它与谓词逻辑中的蕴含式有什么共同处及不同处？（5分）

答：产生式的基本形式是“IF P THEN Q”，其中，P 是产生式的前提，用于指出该产生式是否可用的条件；Q 是一组结论或操作，用于指出前提 P 所指示的条件被满足时，应该得出的结论或应该执行的操作。（2分）

产生式基本形式与谓词逻辑中蕴含式的共同之处是具有相同的形式。它们的区别是：蕴含式只能表示精确性知识，其逻辑值要么为真，要么为假；而产生式不仅可以表示精确性知识，而且可以表示不精确知识。（3分）

9. 简单解释什么是专家系统，以及专家系统的工作过程。（5分）

答：专家系统（Expert System, ES）是一些能模仿人类专家行为的计算机程序。它根据用户提供的信息进行分析判断，最后发表对某一方面问题的意见和建议。（3分）

专家系统的工作过程是：当用户咨询专家系统的时候，专家系统就基于用户的问题不断地向用户提有关的问题，它问你答，直到确定一个与用户的回答相匹配的目标。（2分）

10. 什么是知识？什么是知识表示？（5分）

答：有格式的数据经过处理、解释过程会形成信息，而把有关的信息关联到一起，经过处理过程就形成了知识。（2分）

知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法，是一种数据结构与控制结构的统一体，既考虑知识的存储又考虑知识的使用。（3分）

证明与推理（每题 8 分，共 16 分）

1. 每个储蓄的人都是为了获取利息。求证：对某个人来说，如果不能获取利息，则他就不会储蓄。

证明：

定义谓词。Save(x)：表示 x 储蓄钱；Interest(x)：表示 x 获得利息。（2分）

将前提和要求证的问题之否定化成子句集：（3分）

(1) $\sim \text{Save}(x) \vee \text{Interest}(x)$

(2) $\sim \text{Interest}(y)$

(3) Save(y)

利用归结原理对上面的子句集中的子句进行归结：(3 分)

(4) \sim Save(y) (1) 与 (2) 归结, $\sigma = \{y/x\}$

(5) NIL (3) 与 (4) 归结

证毕。

2. 如果小芳在干什么小丽就在干什么, 并且小芳在看书。请用归结原理求解:
小丽在干什么?

解: (1) 化为谓词公式: (2 分)

$(\forall x)[DO(fang, x) \rightarrow DO(li, x)]$, $DO(fang, reading)$, 求证: $(\exists x)DO(li, x)$

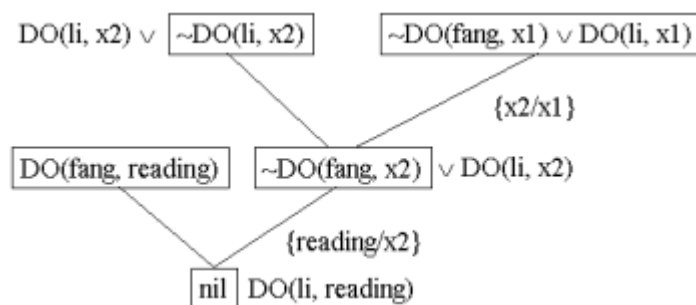
(2) 化为子句集: (2 分)

$\sim DO(fang, x1) \vee DO(li, x1)$

$DO(fang, reading)$

$\sim DO(li, x2)$

(3) 修改证明树: (4 分)



计算题 (8 分)

1. 已知下列规则:

R1: IF A_1 TBAN B (0.7)

R2: IF A_2 TBAN B (0.6)

R3: IF A_3 TBAN B (0.4)

证据的可信度为 $CF(A_1)=CF(A_2)=CF(A_3)=0.5$, B 的初始可信度未知, 计算 B 的综合可信度。(8 分)

解: (1) 由规则 R1、R2、R3, 分别计算 $CF(B)$: (3 分)

$$CF_1(B) = CF(B, A_1) \times \max\{0, CF(A_1)\} = 0.7 \times 0.5 = 0.35$$

$$CF_2(B) = CF(B, A_2) \times \max\{0, CF(A_2)\} = 0.6 \times 0.5 = 0.3$$

$$CF_3(B) = CF(B, A_3) \times \max\{0, CF(A_3)\} = 0.4 \times 0.5 = 0.2$$

(2) 计算 B 的综合可信度:

$$\begin{aligned} CF_{1,2}(B) &= CF_1(B) + CF_2(B) - CF_1(B) \times CF_2(B) \\ &= 0.35 + 0.3 - 0.35 \times 0.3 = 0.545 \end{aligned} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\begin{aligned} CF_{1,2,3}(B) &= CF_{1,2}(B) + CF_3(B) - CF_{1,2}(B) \times CF_3(B) \\ &= 0.545 + 0.2 - 0.545 \times 0.2 = 0.636 \end{aligned} \quad (3 \text{ 分})$$

应用题 (第 1、2 题各 8 分, 第 3 题 10 分, 共 26 分)

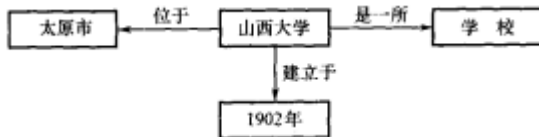
1. 设在语义网络系统的知识库中, 存有下列事实的语义网络: (8 分)

山西大学是一个学校，位于太原市，建立时间是 1902 年。

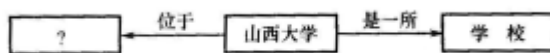
(3) 画出这一事实的语义网络；

(2) 假若将要求解的问题是：山西大学位于哪个城市？如何利用语义网络进行推理求解呢？

解：(1) 有关山西大学的语义网络如下：(4 分)



(4) 首先将待求解的问题表示成一个局部的语义网络，如下图所示：(2 分)



然后到语义网络系统的知识库中去匹配就会发现，与待求问题局部网络未知处相匹配的事实是“太原市”。所以，这个问题的解就是太原市。(2 分)

2. 用全局择优搜索法求解重排九宫问题，设初始状态 S_0 和目标状态 S_g 如下：

$$S_0 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 3 \\ 1 & 4 & 7 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 8 & 4 & 7 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix} S_g$$

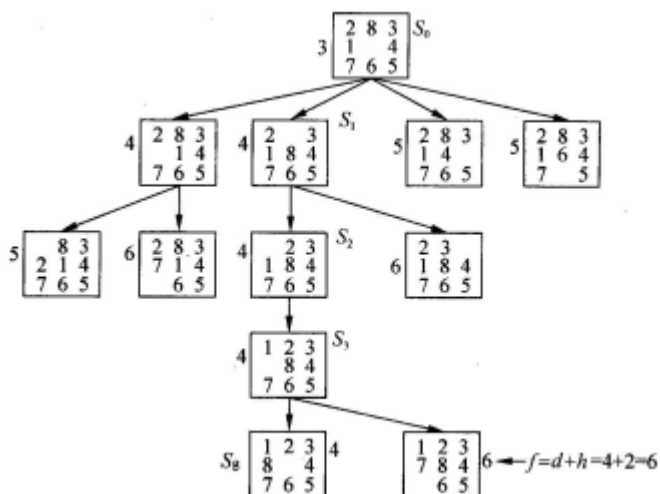
估价函数定义： $f(x) = d(x) + h_1(x)$ ，其中 $d(x)$ 表示结点 x 的深度， $h_1(x)$ 表示结点 x 中的数字位置和目标结点中不相同的数字个数。例如：

$$\begin{bmatrix} 8 & 1 & 2 \\ 6 & 3 & 7 \\ 7 & 5 & 4 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 7 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

$h_1(x)=7$ $h_1(x)=6$

(2) 画出全局择优搜索树，在每个结点旁注明该结点的 f 值；(2) 给出解题路径

解：全局择优搜索树如下图所示：(6 分)



解题路径为 $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_g$ (2 分)

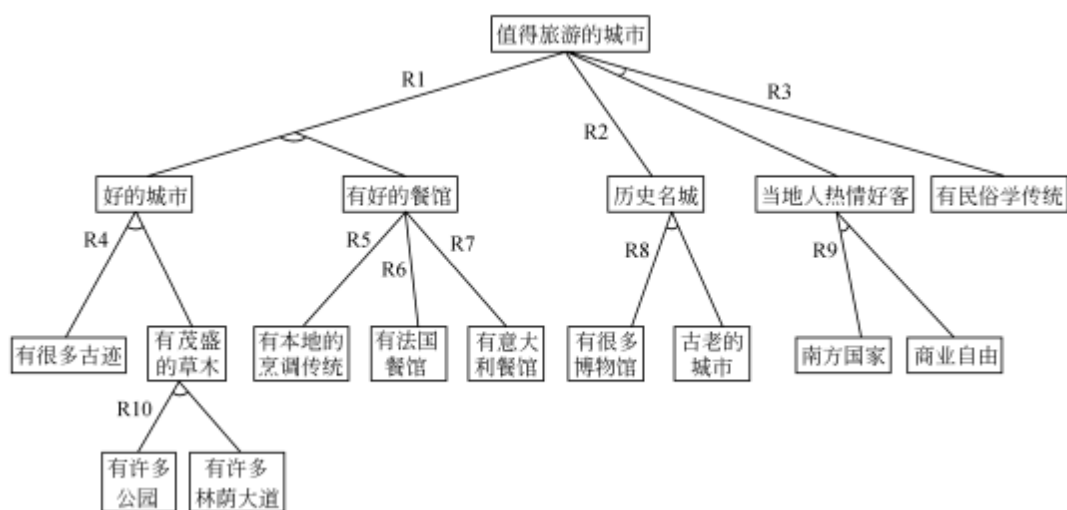
3. 一个专家系统可以简单地判断一个城市是不是一个值得旅游的城市，其知识库 (CITY 库) 中包含 10 条规则。

- R1: IF 好的城市 AND 有好的餐馆 THEN 是值得旅游的城市
R2: IF 是历史名城 THEN 是值得旅游的城市
R3: IF 当地人热情好客 AND 有民俗学传统 THEN 是值得旅游的城市
R4: IF 有很多古迹 AND 有茂盛的草木 THEN 好的城市
R5: IF 有本地的烹调传统 THEN 有好的餐馆
R6: IF 有法国餐馆 THEN 有好的餐馆
R7: IF 有意大利餐馆 THEN 有好的餐馆
R8: IF 有很多博物馆 AND 是古老的城市 THEN 是历史名城
R9: IF 是南方国家 AND 商业自由 THEN 当地人热情好客
R10: IF 有很多公园 AND 有很多林荫大道 THEN 有茂盛的草木

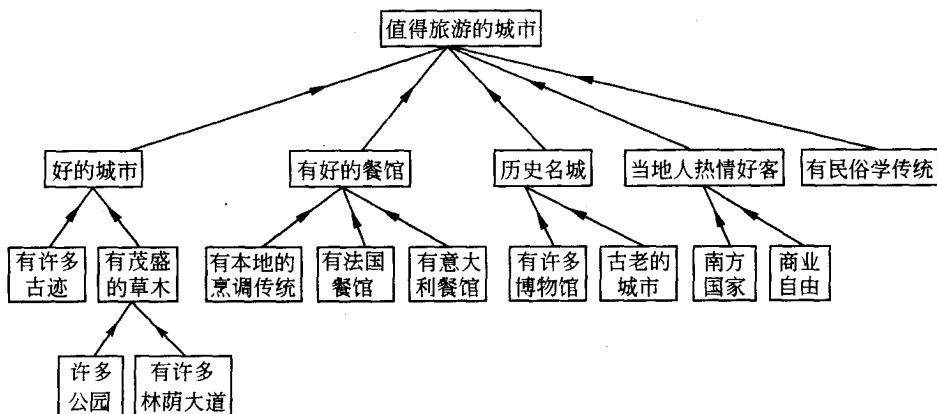
(1) 画出 CITY 库的与/或树。(5 分) (2) 画出 CITY 库的依赖图。(5 分)

解:

与/或树如下: (5 分)



依赖图如下: (5 分)



江苏技术师范学院

— 学年第 学期

《人工智能与专家系统》试卷（6）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 何谓产生式系统？它由哪几部分组成？（5 分）

答：把一组产生式放在一起，让它们相互配合，协同作用，一个产生式生成的结论可以供另一个产生式作为已知事实使用，以求得问题的解，这样的系统称为产生式系统。（2 分）

产生式系统一般由三个基本部分组成：规则库、综合数据库和推理机。（3 分）

2. 简单解释什么是专家系统，以及专家系统的工作过程。（5 分）

答：专家系统（Expert System, ES）是一些能模仿人类专家行为的计算机程序。它根据用户提供的信息进行分析判断，最后发表对某一方面问题的意见和建议。（3 分）

专家系统的工作过程是：当用户咨询专家系统的时候，专家系统就基于用户的问题不断地向用户提有关的问题，它问你答，直到确定一个与用户的回答相匹配的目标。（2 分）

3. 请写出“教师框架”的描述。（5 分）

答：

框架名：〈教师〉

姓名：单位（姓，名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

默认：男

职称：范围（教授，副教授，讲师，助教）

默认：讲师

部门：单位（系，教研室）

参加工作时间：单位（年，月）

4. 输入归结策略对参加归结的子句有什么限制？（5 分）

答：输入归结策略对参加归结的子句有如下限制：参加归结的两个子句中，必须至少有一个子句是初始子句集中的子句。

5. 请用一阶谓词逻辑法表示“喜欢玩篮球的人必喜欢玩排球。”（5分）

答： $Likeplay(x, y)$ 表示 x 喜欢玩 y 。（1分）

$(\exists x)(Likeplay(x, \text{篮球}) \rightarrow Likeplay(x, \text{排球}))$ （4分）

6. 画出下列事实的语义网络：“山西大学是一个学校，位于太原市，建立时间是1902年。”（5分）

答：语义网络如下：（5分）



7. 有哪两大类不同的搜索方法？两者的区别是什么？（5分）

答：有两大类搜索方法：盲目搜索和启发式搜索。（2分）

盲目搜索在搜索过程中，按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略，搜索带有盲目性，效率不高。而启发式搜索在搜索求解过程中，根据问题本身的特性或搜索过程中产生一些信息来不断地改变或调整搜索的方向，使搜索朝着最有希望的方向前进，加速问题的求解，并找到最优解。启发式搜索的求解效率更高，更易于求解复杂的问题。（3分）

8. 框架表示法的结构性、继承性各是指什么？（5分）

答：结构性：框架表示法最突出的特点是它善于表达结构性的知识，能够把知识的内部结构关系及知识间的联系表示出来，是一种结构化的知识表示方法。

继承性：在框架网络中，下层框架可以继承上层框架的槽值，也可以进行补充和修改。这样不仅减少了知识的冗余，而且较好地保证了知识的一致性。

9. 请写出专家系统的三条优点。（5分）

答：任写三条即可。

（1）随叫随到，方便实用。专家系统可以一天24小时地提供服务。（2）计算机专家系统永远保持同样的知识水平。（3）与人类专家相比，专家系统工作时始终处于顶峰状态，它总能产生最好的建议。（4）计算机专家系统没有个性，它为所有的用户提供无差别的服务。用户使用专家系统也没有个性方面的考虑。（5）专家系统可以复制，相当于产生多个专家，而人类专家的培养则需要很长的时间。

10. 用状态空间法表示问题时，什么是问题的解？求解过的本质是什么？（5分）

答：用状态空间法表示问题时，问题的解就是有向图中从某一节点（初始状态节点）到另一节点（目标状态节点）的路径。（2分）

求解过程的本质就是对状态空间图的搜索，即在状态空间图上寻找一条从初始状态到目标状态的路径。（3分）

证明与推理（每题 8 分，共 16 分）

1. 小凤是小龙的妹妹。如果 X 和 Y 是兄妹，则 X 的父亲也是 Y 的父亲。如果小龙的父亲是东旭，问小凤的父亲是谁？

解：定义谓词。 $Father(x, y)$ ：x 是 y 的父亲； $S_B(x, y)$ ：x 和 y 是兄妹。（2分）

然后将已知条件和问题用谓词公式表示出来，并将问题公式的否定与谓词 ANSWER 做析取，得到子句集：（3分）

(1) $\sim S_B(x, y) \vee \sim Father(z, x) \vee Father(z, y)$

(2) $S_B(Long, Feng)$

(3) $Father(Dongxu, Li)$

(4) $\sim Father(u, Feng) \vee ANSWER(u)$

应用归结原理进行归结：（3分）

(5) $\sim S_B(Long, y) \vee Father(Dongxu, y)$

(1) 与 (3) 归结, $\sigma = \{Dongxu/z, Long/x\}$

(6) $\sim S_B(Long, Feng) \vee ANSWER(Dongxu)$

(4) 与 (5) 归结, $\sigma = \{Dongxu/u, Feng/y\}$

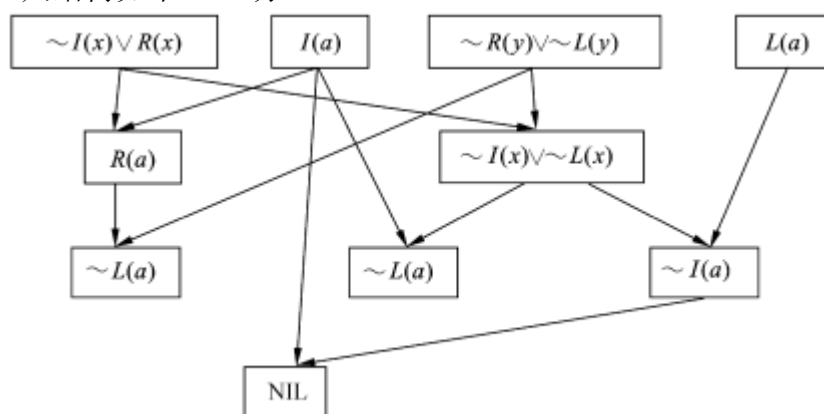
(7) $ANSWER(Dongxu)$ (2) 与 (6) 归结

得到归结式 $ANSWER(Dongxu)$ ，答案即在其中，所 $u=Dongxu$ ，即小凤的父亲是 Dongxu。

2. 设有子句集： $S = \{\sim I(x) \vee R(x), I(a), \sim R(y) \vee \sim L(y), L(a)\}$

对 S 用支持集策略归结出空子句，画出归结树。

解：归结树如下：（8分）



计算题（8分）

1. 有规则如下：IF E_1 AND E_2 AND E_3 THEN H

设： $CF(E_1)=0.5$ ， $CF(E_2)=0.6$ ， $CF(E_3)=0.3$ ， $E=E_1 \wedge E_2 \wedge E_3$ ，

求：(1) $CF(E)$ ；(2) 结论 H 的可信度 $CF(H)$

解：(1) $CF(E) = CF(E1 \wedge E2 \wedge E3) = \min\{CF(E1), CF(E2), CF(E3)\}$
 $= \min\{0.5, 0.6, 0.3\} = 0.3$ (4 分)

(2) 结论 H 的可信度为：

$$CF(H) = CF(H, E) \times CF(E) = 0.7 \times 0.3 = 0.21$$
 (4 分)

应用题（第 1、2 题各 8 分，第 3 题 10 分，共 26 分）

1. 二阶 Hanoi 塔问题。已知三个柱子 1、2、3 和两个盘子 A、B（A 比 B 小）。初始状态 A、B 在柱 1，目标状态时 A、B 在柱 3。每次可以移动一个柱子上部的一个盘子，任何时候大盘都不能放在小盘之上。求其状态空间，并画出状态空间图。

解：(1) 设用 $S_k = (S_{kA}, S_{kB})$ 表示问题的状态， S_{kA} 表示盘子 A 所在的柱号， S_{kB} 表示盘子 B 所在的柱号。 (2 分)

(2) 本问题所有可能的状态共有 9 种，描述如下：

$S_0 = (1, 1)$, $S_1 = (1, 2)$, $S_2 = (1, 3)$, $S_3 = (2, 1)$, $S_4 = (2, 2)$, $S_5 = (2, 3)$, $S_6 = (3, 1)$, $S_7 = (3, 2)$, $S_8 = (3, 3)$

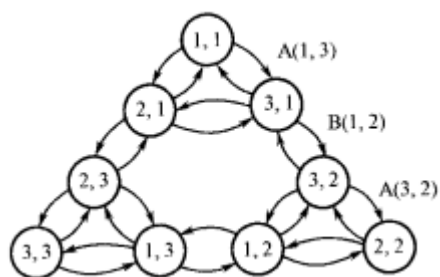
问题的初始状态集合为 $S = \{S_0\}$ ，目标状态集合为 $G = \{S_8\}$ (2 分)

(3) 定义一组算符 F。定义算符 $A(i, j)$ 表示把盘子 A 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作；算符 $B(i, j)$ 表示把盘子 B 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作。这样定义的算符组共有 12 个算符，它们分别是：

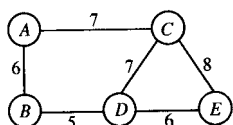
$A(1, 2)$, $A(1, 3)$, $A(2, 1)$, $A(2, 3)$, $A(3, 1)$, $A(3, 2)$

$B(1, 2)$, $B(1, 3)$, $B(2, 1)$, $B(2, 3)$, $B(3, 1)$, $B(3, 2)$ (2 分)

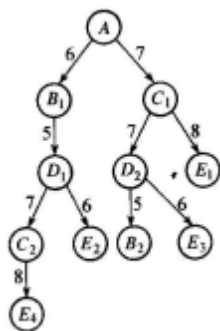
至此，该问题的状态空间 (S, F, G) 构造完成。这就完成了对问题的状态空间表示。得到二阶 Hanoi 塔的状态空间图如下： (2 分)



2. 推销员旅行问题。假设 A、B、C、D 和 E 是五个城市，推销员从城市 A 出发到达城市 E，走怎样的路线费用最省？五个城市间的交通图及五个城市间的旅行费用如下图所示，图中的数字即是旅行费。(1) 画出该问题的代价树；(2) 对代价树进行广度优先搜索和深度优先搜索得到的路线分别是什么？ (8 分)



解：代价树如下： (4 分)



进行广度优先搜索得到的路线是 $A \rightarrow C \rightarrow E$ 。（2 分）

进行深度优先搜索得到的路线是 $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E$ 。（2 分）

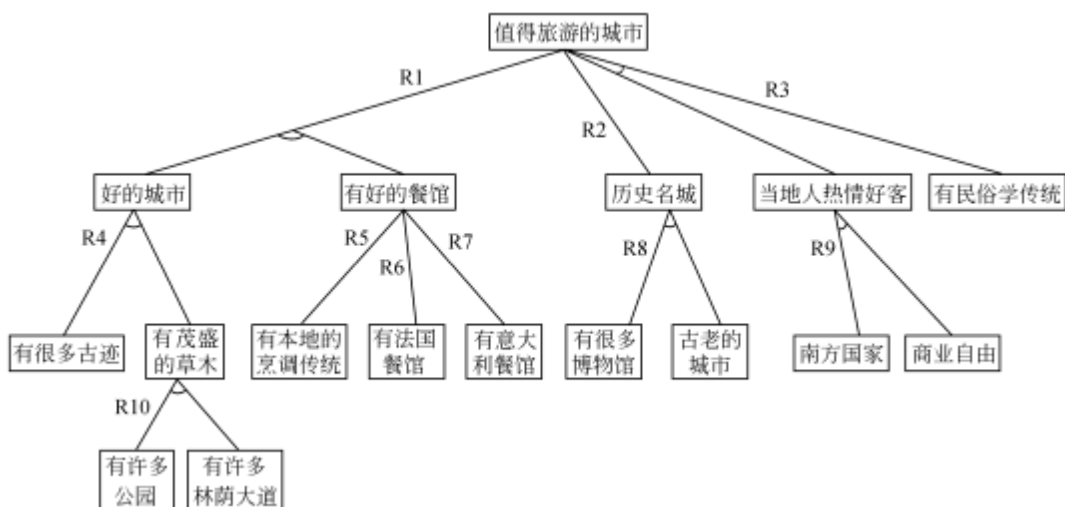
3. 一个专家系统可以简单地判断一个城市是不是一个值得旅游的城市，其知识库（CITY 库）中包含 10 条规则。

- R1: IF 好的城市 AND 有好的餐馆 THEN 是值得旅游的城市
- R2: IF 是历史名城 THEN 是值得旅游的城市
- R3: IF 当地人热情好客 AND 有民俗学传统 THEN 是值得旅游的城市
- R4: IF 有很多古迹 AND 有茂盛的草木 THEN 好的城市
- R5: IF 有本地的烹调传统 THEN 有好的餐馆
- R6: IF 有法国餐馆 THEN 有好的餐馆
- R7: IF 有意大利餐馆 THEN 有好的餐馆
- R8: IF 有很多博物馆 AND 是古老的城市 THEN 是历史名城
- R9: IF 是南方国家 AND 商业自由 THEN 当地人热情好客
- R10: IF 有很多公园 AND 有很多林荫大道 THEN 有茂盛的草木

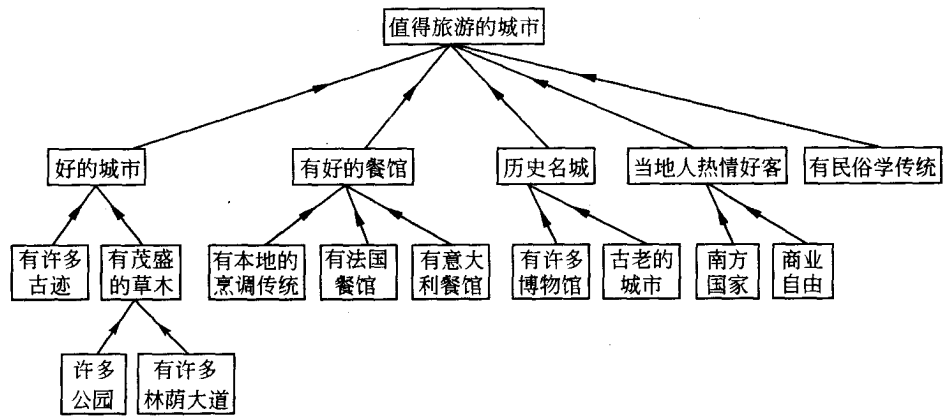
(1) 画出 CITY 库的与/或树。(2) 画出 CITY 库的依赖图。

解：

与/或树如下：（5 分）



依赖图如下：（5 分）



《人工智能与专家系统》试卷（7）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 请用一阶谓词逻辑法表示：“有的人喜欢米饭，有的人喜欢面条，有的人既喜欢米饭又喜欢面条”。（5 分）

答：定义谓词及个体。设 $LIKE(x, y)$ 表示：x 喜欢 y，Mifan 表示米饭，Miantiao 表示面条。（2 分）

则：（3 分）

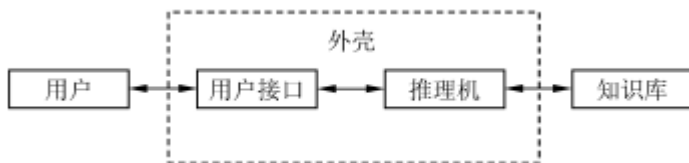
$(\exists x)LIKE(x, Mifan) \wedge (\exists y)LIKE(y, Miantiao) \wedge (\exists z)(LIKE(z, Mifan) \wedge LIKE(z, Miantiao))$

2. 专家系统规则库中，唯一推理和多重推理各指什么？（5 分）

答：如果对每一个事实，最多存在一条规则归结到该事实，则这样的规则库就称为是唯一推理的，否则称为多重推理的。

3. 画出专家系统的结构简图。（5 分）

答：专家系统的基本结构：



4. 支持集归结策略对参加归结的子句有什么限制？（5 分）

答：支持集策略要求在每次归结时，亲本子句中至少应有一个是由目标的否定所得到的子句或者它们的后代。

5. 请写出“教师框架”的描述。（5 分）

答：

框架名：〈教师〉

姓名：单位（姓，名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

默认：男

职称：范围（教授，副教授，讲师，助教）

默认：讲师

部门：单位（系，教研室）

参加工作时间：单位（年，月）

6. 证据传递的不确定性指什么？（5 分）

答：在推理过程中常常有这种情况：一条规则的结论又是另一条规则的前提。

这样，不确定的初始证据就会沿着这条推理链向下传递，其不确定性在传递的过程中会伴随着规则的不确定性不断地放大或缩小。

7. 有哪两大类不同的搜索方法？两者的区别是什么？（5分）

答：有两大类搜索方法：盲目搜索和启发式搜索。（2分）

盲目搜索在搜索过程中，按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略，搜索带有盲目性，效率不高。而启发式搜索在搜索求解过程中，根据问题本身的特性或搜索过程中产生一些信息来不断地改变或调整搜索的方向，使搜索朝着最有希望的方向前进，加速问题的求解，并找到最优解。启发式搜索的求解效率更高，更易于求解复杂的问题。（3分）

8. 请解释“推理方法”和“推理机”。（5分）

答：推理方法是一种证明在一系列假设中隐含的结论的系统化方法。（2分）

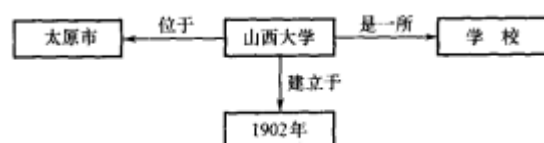
推理机是实现推理方法的一组程序，由它来控制、协调整个系统，并根据当前输入的数据，利用知识库中的知识按一定的推理策略去解决所提出的问题。（3分）

9. 宽度优先搜索与深度优先搜索有何不同？（5分）

答：深度优先搜索与宽度优先搜索的区别在于：在对节点 n 进行扩展时，其后继节点在 OPEN 表中的存放位置不同。宽度优先搜索是将后继节点放入 OPEN 表的末端，而深度优先搜索是将后继节点放入 OPEN 表的前端。即宽度优先搜索按照“先扩展出的节点先被考察”的原则进行搜索，而深度优先搜索则按“后扩展出的节点先被考察”的原则进行搜索。宽度优先搜索是一种完备搜索，即只要问题有解就一定能够求出，而深度优先搜索是不完备搜索。

10. 画出下列事实的语义网络：“山西大学是一个学校，位于太原市，建立时间是1902年。”（5分）

答：语义网络如下：



证明与推理（每题8分，共16分）

1. 设公理集：

$P,$

$(P \wedge Q) \rightarrow R,$

$(S \vee T) \rightarrow Q,$

T

用归结原理求证： R

证明：（1）子句集：（4分）

（1） P

（2） $\sim P \vee \sim Q \vee R$

（3） $\sim S \vee Q$

- (4) $\sim T \vee Q$
- (5) T
- (6) $\sim R$ (目标求反)
- (2) 归结: (4 分)
- (7) $\sim P \vee \sim Q$ (2, 6)
- (8) $\sim Q$ (1, 7)
- (9) $\sim T$ (4, 8)
- (10) nil (5, 9)

2. 已知范真的老师是张先生, 范真与李伟是同班同学。如果 X 与 Y 是同班同学, 则 X 的老师也是 Y 的老师。请问李伟的老师是谁?

解: $Teacher(x, y)$: x 是 y 的老师; $Classmate(x, y)$: x 和 y 是同班同学。(2 分)

然后将已知条件和问题用谓词公式表示出来, 并将问题公式的否定与谓词 ANSWER 做析取, 得到子句集: (3 分)

- (1) $\sim Classmate(x, y) \vee \sim Teacher(z, x) \vee Teacher(z, y)$
- (2) $Classmate(fan, li)$
- (3) $Teacher(zhang, fan)$
- (4) $\sim Teacher(u, li) \vee ANSWER(u)$

应用归结原理进行归结: (3 分)

- (5) $\sim Classmate(fan, y) \vee Teacher(zhang, y)$
(1) 与 (3) 归结, $\sigma = \{zhang/z, fan/x\}$
- (6) $\sim Classmate(fan, li) \vee ANSWER(zhang)$
(4) 与 (5) 归结, $\sigma = \{zhang/u, li/y\}$
- (7) $ANSWER(zhang)$ (2) 与 (6) 归结

得到了归结式 $ANSWER(zhang)$, 答案即在其中, 所以 $u=zhang$, 即李伟的老师是张先生。

计算题 (8 分)

1. 在专家系统 MYCIN 中, 有一条关于链球菌的规则如下:

- IF (a) 生物体的染色成革兰氏阳性, 并且
(b) 生物体的形态是球形, 并且
(c) 生物体的生长构造是链状

THEN 这种物体是链球菌 (0.7)

三个条件可分别用 $E1$ 、 $E2$ 、 $E3$ 表示, 结论用 H 表示, 设: $CF(E1)=0.5$, $CF(E2)=0.6$, $CF(E3)=0.3$, $E=E1 \wedge E2 \wedge E3$,

求: (1) $CF(E)$ (2) 结论 H 的可信度 $CF(H)$

解:

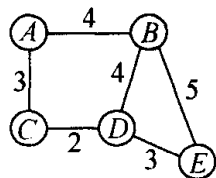
$$(1) \quad CF(E) = CF(E1 \wedge E2 \wedge E3) = \min\{CF(E1), CF(E2), CF(E3)\} \\ = \min\{0.5, 0.6, 0.3\} = 0.3 \quad (4 \text{ 分})$$

(2) 结论 H 的可信度为:

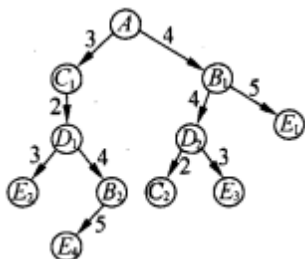
$$CF(H) = CF(H, E) \times CF(E) = 0.7 \times 0.3 = 0.21 \quad (4 \text{ 分})$$

应用题（第 1、2 题各 8 分，第 3 题 10 分，共 26 分）

1. 求如下图所示的交通图中最小费用路线，设出发地是 A 城，目的地是 E 城，边上的数字代表交通费。（1）画出本问题的代价树；（2）对代价树进行深度优先搜索得到的路线是什么？该路线的代价是多少？（8 分）



解：代价树如下：（4 分）



深度优先搜索得到的路线：A→C→D→E （2 分）

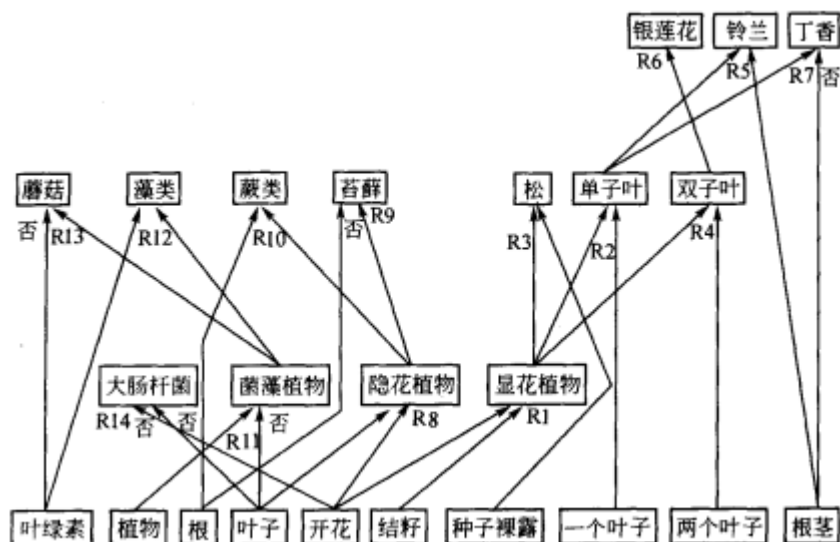
代价为 8 （2 分）

2. 画出植物分类库 BOTANI 对应的依赖图。

/ * BOTANI * /

- R1. IF 开花 AND 结籽 THEN 显花植物
- R2. IF 显花植物 AND 一片叶子 THEN 单子叶
- R3. IF 显花植物 AND 种子裸露 THEN 松
- R4. IF 显花植物 AND 两片叶子 THEN 双子叶
- R5. IF 单子叶 AND 有根茎 THEN 铃兰
- R6. IF 双子叶 THEN 银莲花
- R7. IF 单子叶 AND 无根茎 THEN 丁香
- R8. IF 有叶子 AND 开花 THEN 隐花植物
- R9. IF 隐花植物 AND 无根 THEN 苔藓
- R10. IF 隐花植物 AND 有根 THEN 蕨类
- R11. IF 无叶子 AND 植物 THEN 菌藻植物
- R12. IF 菌藻植物 AND 有叶绿素 THEN 藻类
- R13. IF 菌藻植物 AND 无叶绿素 THEN 蘑菇
- R14. IF 无叶子 AND 无花 THEN 大肠杆菌

解：依赖图如下：（8 分）



3. 二阶 Hanoi 塔问题。已知三个柱子 1、2、3 和两个盘子 A、B (A 比 B 小)。初始状态 A、B 在柱 1，目标状态时 A、B 在柱 3。每次可以移动一个柱子上部的一个盘子，任何时候大盘都不能放在小盘之上。求其状态空间，并画出状态空间图。

解：(1) 设用 $S_K = (S_{KA}, S_{KB})$ 表示问题的状态， S_{KA} 表示盘子 A 所在的柱号， S_{KB} 表示盘子 B 所在的柱号。

(2 分)

(2) 本问题所有可能的状态共有 9 种，描述如下：

$S_0 = (1, 1)$, $S_1 = (1, 2)$, $S_2 = (1, 3)$, $S_3 = (2, 1)$, $S_4 = (2, 2)$, $S_5 = (2, 3)$, $S_6 = (3, 1)$, $S_7 = (3, 2)$, $S_8 = (3, 3)$

问题的初始状态集合为 $S = \{S_0\}$ ，目标状态集合为 $G = \{S_8\}$ (2 分)

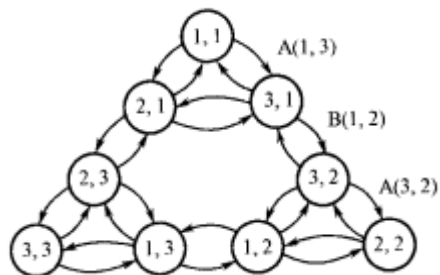
(3) 定义一组算符 F。定义算符 $A(i, j)$ 表示把盘子 A 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作；算符 $B(i, j)$ 表示把盘子 B 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作。这样定义的算符组共有 12 个算符，它们分别是：

$A(1, 2)$, $A(1, 3)$, $A(2, 1)$, $A(2, 3)$, $A(3, 1)$, $A(3, 2)$

$B(1, 2)$, $B(1, 3)$, $B(2, 1)$, $B(2, 3)$, $B(3, 1)$, $B(3, 2)$ (2 分)

至此，该问题的状态空间 (S, F, G) 构造完成。这就完成了对问题的状态空间表示。

得到二阶 Hanoi 塔的状态空间图如下： (4 分)



《人工智能与专家系统》试卷（8）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 产生式系统中，推理机的推理方式有哪几种？在产生式推理过程中，如果发生策略冲突，如何解决？（5 分）

答：产生式系统推理机的推理方式有正向推理、反向推理和双向推理三种。（3 分）

在产生式推理过程中，如果发生规则冲突，要利用冲突解决策略进行启用规则的选择，专一性排序、规则排序、规模排序和就近排序是比较常见的冲突解决策略。（2 分）

2. 证据传递的不确定性指什么？（5 分）

答：在推理过程中常常有这种情况：一条规则的结论又是另一条规则的前提。这样，不确定的初始证据就会沿着这条推理链向下传递，其不确定性在传递的过程中会伴随着规则的不确定性不断地放大或缩小。（5 分）

3. 用一阶谓词逻辑法表示：“有的人喜欢钢琴，有的人喜欢提琴，有的人既喜欢钢琴又喜欢提琴”。

答：定义谓词及个体。设 $LIKE(x, y)$ 表示：x 喜欢 y，Gangqin 表示钢琴，Tiqin 表示提琴。（2 分）

则：（3 分）

$$(\exists x)LIKE(x, Gangqin) \wedge (\exists y)LIKE(y, Tiqin) \wedge (\exists z)(LIKE(z, Gangqin) \wedge LIKE(z, Tiqin))$$

4. 输入归结策略对参加归结的子句有什么限制？（5 分）

答：输入归结策略对参加归结的子句有如下限制：参加归结的两个子句中，必须至少有一个子句是初始子句集中的子句。

5. 什么是知识表示？在选择知识表示方法时，应该考虑哪几个因素？（5 分）

答：知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的般方法，是一种数据结构与控制结构的统一体，既考虑知识的存储又考虑知识的使用。知识表示实际上就是对人类知识的一种描述，以把人类知识表示成计算机能够处理的数据结构。对知识进行表示的过程就是把知识编码成某种数据结构的过程。（3 分）

在选择知识表示方法时，应该考虑以下几个因素：(1) 能否充分表示相关的领域知识；(2) 是否有利于对知识的利用；(3) 是否便于知识的组织、维护和管理；(4) 是否便于理解和实现。（2 分）

6. 人工智能是何时、何地、怎样诞生的？（5 分）

答：人工智能于 1956 年夏季在美国达特茅斯（Dartmouth）大学诞生。（3 分）

1956 年夏季，美国的一些从事数学、心理学、计算机科学、信息论和神经学研究的年轻学者，汇聚在 Dartmouth 大学，举办了一次长达两个月的学术讨论会，认

学号：

姓名：

班级：

真而热烈地讨论了用机器模拟人类智能的问题。在这次会议上，第一次使用了“人工智能”这一术语，以代表有关机器智能这一研究方向。这是人类历史上第一次人工智能研讨会，标志着人工智能学科的诞生，具有十分重要的意义。（2分）

7. 什么是盲目搜索？主要有几种盲目搜索策略？（5分）

答：盲目搜索又称无信息搜索，即在搜索过程中，只按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略。（2分）

主要的盲目搜索策略有：宽度优先搜索、深度优先搜索、有界深度优先搜索、代价树的宽度优先搜索和代价树的深度优先搜索。（3分）

8. 请写出“本科生框架”的描述。（5分）

答：

框架名：<学生>

姓名：单位（姓和名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

缺省（男）

健康状况：范围（健康，一般，差）

缺省（一般）

所在系别：单位（系）

专业：范围（系中所包含的专业列表）

入学时间：单位（年，月）

毕业时间：单位（年，月）

成绩：范围（优，良，中，差）

缺省（良）

是否学生干部：范围（是，否）

缺省（否）

9. 产生式的基本形式是什么？它与谓词逻辑中的蕴含式有什么共同处及不同处？（5分）

答：产生式的基本形式是“IF P THEN Q”，其中，P是产生式的前提，用于指出该产生式是否可用的条件；Q是一组结论或操作，用于指出前提P所指示的条件被满足时，应该得出的结论或应该执行的操作。（2分）

产生式基本形式与谓词逻辑中蕴含式的共同之处是具有相同的形式。它们的区别是：蕴含式只能表示精确性知识，其逻辑值要么为真，要么为假；而产生式不仅可以表示精确性知识，而且可以表示不精确知识。（3分）

10. 专家系统规则库中，唯一推理和多重推理各指什么？（5分）

答：如果对每一个事实，最多存在一条规则归结到该事实，则这样的规则库就称为是唯一推理的，否则称为多重推理的。

证明与推理（每题8分，共16分）

1. 已知：能阅读的人是识字的；海豚不识字；有些海豚是很聪明的。

用归结策略证明：有些很聪明的人并不识字。

证明：首先定义谓词和常量：（2分）

Read(x)表示x是能阅读的；Know(y)表示y是识字的；Wise(z)表示z是很聪明的；r表示人类，h表示海豚。

然后将已知事实和目标的否定用谓词公式表示出来，并将它们化成子句集：（2分）

(1) $\sim \text{Read}(r) \vee \text{Know}(r)$

(2) $\sim \text{Know}(h)$

(3) $\text{Wise}(a)$

(4) $\sim \text{Wise}(r) \vee \text{Know}(r)$

最后对以上子句集进行归结。（4分）

(5) $\text{Know}(a)$ (3)与(4)归结, $\sigma = \{a/r\}$

(6) NIL (2)与(5)归结, $\sigma = \{a/h\}$

从而命题得证。

2. 已知：如果约翰在哪里菲多就在哪里，并且约翰在学校里；请用归结原理求解：菲多在哪里？

解：（1）化为谓词公式：（2分）

约翰：John，菲多：Fido，学校：School

$(\forall x)[\text{AT}(\text{John}, x) \rightarrow \text{AT}(\text{Fido}, x)]$, $\text{AT}(\text{John}, \text{School})$, 求证： $(\exists x)\text{AT}(\text{Fido}, x)$

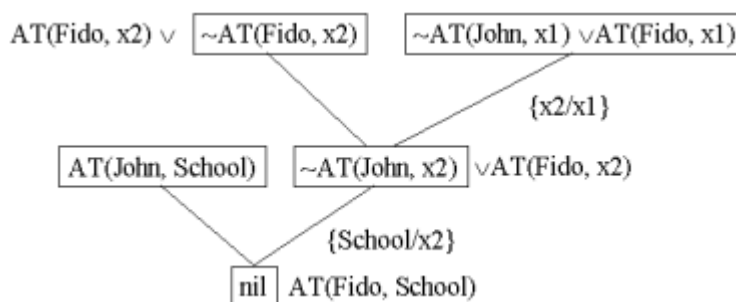
（2）化为子句集：（2分）

$\sim \text{AT}(\text{John}, x1) \vee \text{AT}(\text{Fido}, x1)$

$\text{AT}(\text{John}, \text{School})$

$\sim \text{AT}(\text{Fido}, x2)$

（3）修改证明树：（4分）



计算题（8分）

1. 已知以下三条规则：

IF A_1 THEN B_1 $CF(B_1, A_1)=0.8$

IF A_2 THEN B_1 $CF(B_1, A_2)=0.5$

IF $B_1 \wedge A_3$ THEN B_2 $CF(B_2, B_1 \wedge A_3)=0.8$

设初始证据 A_1, A_2, A_3 的可信度均为 1，即 $CF(A_1)=CF(A_2)=CF(A_3)=1$ ，而对 B_1 一无所知。求 $CF(B_1)$ （8分）

解：①对知识 R_1, R_2 ，分别计算 $CF(B_1)$ 。

$$CF_1(B_1) = CF(B_1, A_1) \times \max\{0, CF(A_1)\} = 0.8 \times 1 = 0.8 \quad (2 \text{ 分})$$

$$CF_2(B_1) = CF(B_1, A_2) \times \max\{0, CF(A_2)\} = 0.5 \times 1 = 0.5 \quad (2 \text{ 分})$$

②利用合成算法计算 B_1 的综合可信度。

$$CF_{1,2}(B_1) = CF_1(B_1) + CF_2(B_1) - CF_1(B_1) \times CF_2(B_1) = 0.8 + 0.5 - 0.8 \times 0.5 = 0.9 \quad (4 \text{ 分})$$

应用题（第1题10分，第2、3题各8分，共26分）

1. 二阶 Hanoi 塔问题。已知三个柱子 1、2、3 和两个盘子 A、B（A 比 B 小）。初始状态 A、B 在柱 1，目标状态时 A、B 在柱 3。每次可以移动一个柱子上部的一个盘子，任何时候大盘都不能放在小盘之上。求其状态空间，并画出状态空间图。

解：（1）设用 $S_k = (S_{KA}, S_{KB})$ 表示问题的状态， S_{KA} 表示盘子 A 所在的柱号， S_{KB} 表示盘子 B 所在的柱号。
(2 分)

（2）本问题所有可能的状态共有 9 种，描述如下：

$$S_0 = (1, 1), S_1 = (1, 2), S_2 = (1, 3), S_3 = (2, 1), S_4 = (2, 2), S_5 = (2, 3), S_6 = (3, 1), S_7 = (3, 2), S_8 = (3, 3)$$

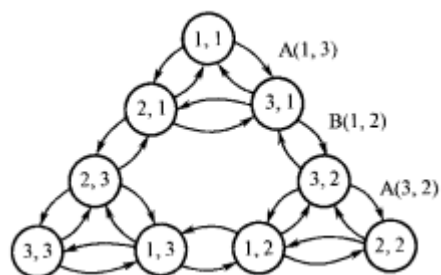
问题的初始状态集合为 $S = \{S_0\}$ ，目标状态集合为 $G = \{S_8\}$ (2 分)

（3）定义一组算符 F。定义算符 $A(i, j)$ 表示把盘子 A 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作；算符 $B(i, j)$ 表示把盘子 B 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作。这样定义的算符组共有 12 个算符，它们分别是：

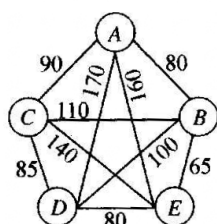
$$A(1, 2), A(1, 3), A(2, 1), A(2, 3), A(3, 1), A(3, 2)$$

$$B(1, 2), B(1, 3), B(2, 1), B(2, 3), B(3, 1), B(3, 2) \quad (2 \text{ 分})$$

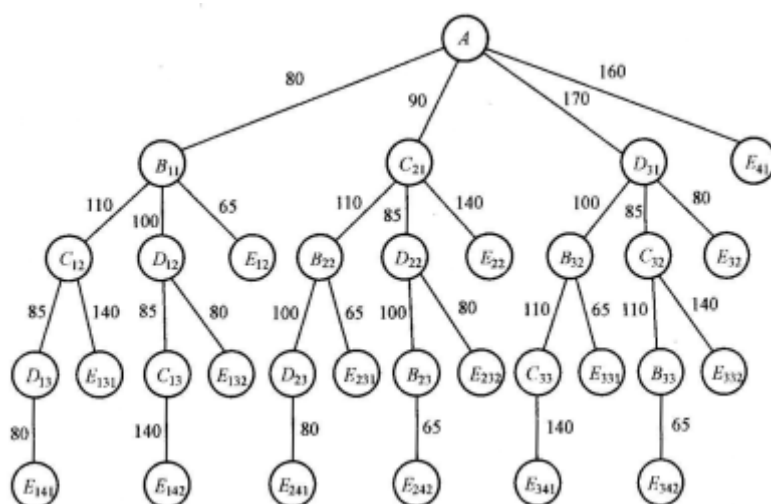
至此，该问题的状态空间 (S, F, G) 构造完成。这就完成了对问题的状态空间表示。得到二阶 Hanoi 塔的状态空间图如下： (4 分)



2. 推销员旅行问题。设有 5 个相互可直达的城市 A、B、C、D、E，如下图所示，各城市间的交通费用已在图中标出。推销员从城市 A 出发，去每个城市各旅行一次，最后到达城市 E。（1）画出该问题的代价树；（2）请找出一条费用最省的旅行路线。



解：（1）代价树如下图： (6 分)

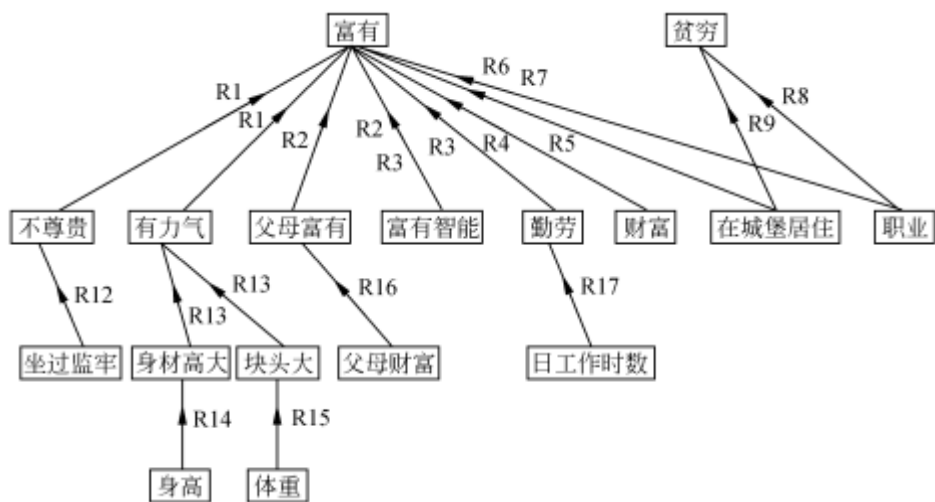


(2) $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow E$ (2分)

3. 一个专家系统判断一个人是不是富有，所用的知识库（RICH库）包含 17 条规则，画出 RICH 库的依赖图。

- R1: IF 不尊贵 AND 有力气 THEN 富有
- R2: IF 父母富有 AND 富有智能 THEN 富有
- R3: IF 勤劳 AND 富有智能 THEN 富有
- R4: IF 财富 > 100000.00 THEN 富有
- R5: IF 在城堡居住 THEN 富有
- R6: IF 职业 = “医生” THEN 富有
- R7: IF 职业 = “信息工作者” THEN 富有
- R8: IF 职业 = “临时工” THEN 贫穷
- R9: IF 不在城堡居住 THEN 贫穷
- R10: IF 富有 THEN 不贫穷
- R11: IF 贫穷 THEN 不富有
- R12: IF 坐过监牢 THEN 不尊贵
- R13: IF 身材高大 AND 块头大 THEN 有力气
- R14: IF 身高 > 185.00 THEN 身材高大
- R15: IF 体重 > 95.00 THEN 块头大
- R16: IF 父母财富 > 10000.00 THEN 父母富有
- R17: IF 每天工作时数 > 8.00 THEN 勤劳

解：RICH 库的依赖图如下所示：（8分）



《人工智能与专家系统》试卷（9）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 专家系统是人工智能中最激动人心的领域之一，取得了丰硕的成果。你认为主要原因是什么？（5 分）

答：主要原因有两个：首先，专家系统都是一些家用程序，可以用来完成某一方面的任务；其次，专家系统的目标是可以达到的，因而激发了人们开发专家系统的热情。

2. 请写出“教师框架”的描述。（5 分）

答：

框架名：〈教师〉

姓名：单位（姓，名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

默认：男

职称：范围（教授，副教授，讲师，助教）

默认：讲师

部门：单位（系，教研室）

参加工作时间：单位（年，月）

3. 什么是知识？什么是知识表示？（5 分）

答：有格式的数据经过处理、解释过程会形成信息，而把有关的信息关联到一起，经过处理过程就形成了知识。（2 分）

知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法，是一种数据结构与控制结构的统一体，既考虑知识的存储又考虑知识的使用。（3 分）

4. 输入归结策略对参加归结的子句有什么限制？（5 分）

答：输入归结策略对参加归结的子句有如下限制：参加归结的两个子句中，必须至少有一个子句是初始子句集中的子句。

5. 请用一阶谓词逻辑法表示“喜欢玩篮球的人必喜欢玩排球。”（5 分）

答： $Likeplay(x, y)$ 表示 x 喜欢玩 y 。（1 分）

$(\exists x)(Likeplay(x, \text{篮球}) \rightarrow Likeplay(x, \text{排球}))$ （4 分）

6. 何谓产生式系统？它由哪几部分组成？（5 分）

答：把一组产生式放在一起，让它们相互配合，协同作用，一个产生式生成的结论可以供另一个产生式作为已知事实使用，以求得问题的解，这样的系统称为产生式系统。（2 分）

产生式系统一般由三个基本部分组成：规则库、综合数据库和推理机。（3 分）

7. 产生式系统中，推理机的推理方式有哪几种？在产生式推理过程中，如果发生策略冲突，如何解决？（5 分）

答：产生式系统推理机的推理方式有正向推理、反向推理和双向推理三种。在产生式推理过程中，如果发生规则冲突，要利用冲突解决策略进行启用规则的选择，专一性排序、规则排序、规模排序和就近排序是比较常见的冲突解决策略。

8. 有哪两大类不同的搜索方法？两者的区别是什么？（5 分）

答：有两大类搜索方法：盲目搜索和启发式搜索。（2 分）

盲目搜索在搜索过程中，按预先规定的搜索控制策略进行搜索，而没有任何中间信息来改变这些控制策略，搜索带有盲目性，效率不高。而启发式搜索在搜索求解过程中，根据问题本身的特性或搜索过程中产生一些信息来不断地改变或调整搜索的方向，使搜索朝着最有希望的方向前进，加速问题的求解，并找到最优解。启发式搜索的求解效率更高，更易于求解复杂的问题。（3 分）

9. 宽度优先搜索与深度优先搜索有何不同？（5 分）

答：深度优先搜索与宽度优先搜索的区别在于：在对节点 n 进行扩展时，其后继节点在 OPEN 表中的存放位置不同。宽度优先搜索是将后继节点放入 OPEN 表的末端，而深度优先搜索是将后继节点放入 OPEN 表的前端。即宽度优先搜索按照“先扩展出的节点先被考察”的原则进行搜索，而深度优先搜索则按“后扩展出的节点先被考察”的原则进行搜索。宽度优先搜索是一种完备搜索，即只要问题有解就一定能够求出，而深度优先搜索是不完备搜索。

10. 用状态空间法表示问题时，什么是问题的解？求解过程的本质是什么？（5 分）

答：用状态空间法表示问题时，问题的解就是有向图中从某一节点（初始状态节点）到另一节点（目标状态节点）的路径。（2 分）

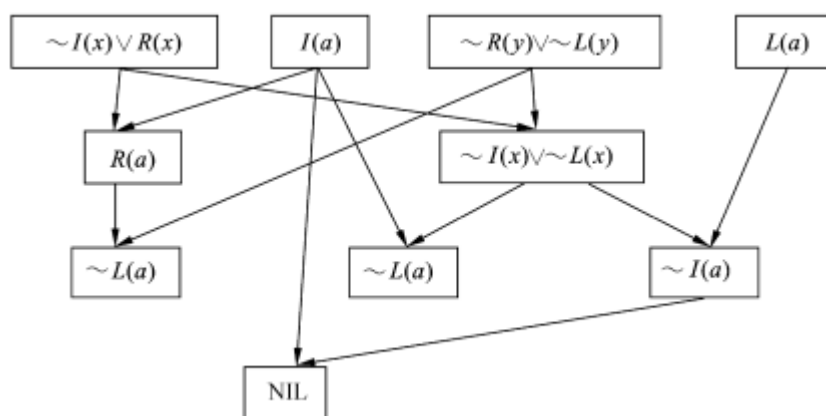
求解过程的本质就是对状态空间图的搜索，即在状态空间图上寻找一条从初始状态到目标状态的路径。（3 分）

证明与推理（每题 8 分，共 16 分）

1. 设有子句集： $S = \{\sim I(x) \vee R(x), I(a), \sim R(y) \vee \sim L(y), L(a)\}$

对 S 用支持集策略归结出空子句，画出归结树。

解：归结树如下：（8 分）



2. 如果小白在吃什么小灰就在吃什么，并且小白在吃胡萝卜。请用归结原理求解：小灰在吃什么？

解：（1）化为谓词公式：（2 分）

$(\forall x)[Eat(bai, x) \rightarrow Eat(hui, x)]$ ， $Eat(bai, luobo)$ ，求证： $(\exists x)Eat(hui, x)$

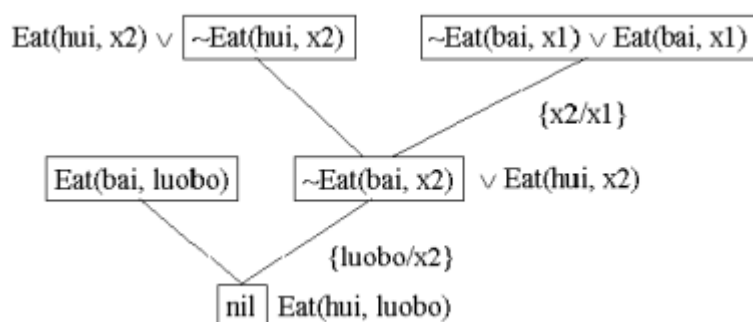
（2）化为子句集：（2 分）

$\sim Eat(bai, x1) \vee Eat(bai, x1)$

$Eat(bai, luobo)$

$\sim Eat(hui, x2)$

（3）修改证明树：（4 分）



计算题（8 分）

1. 有以下三条规则：

IF E_1 THEN H_1 (0.8)

IF E_2 THEN H_1 (0.6)

IF E_3 THEN H_1 (0.2)

证据的可信度为 $CF(E_1)=CF(E_2)=CF(E_3)=0.3$ ， H_1 的初始可信度未知，计算 H_1 的综合可信度。

解：（1）由规则 R_1 、 R_2 、 R_3 ，分别计算 $CF(H_1)$ ：（3 分）

$CF_1(H_1) = CF(H_1, E_1) \times \max\{0, CF(E_1)\} = 0.8 \times 0.3 = 0.24$

$CF_2(H_1) = CF(H_1, E_2) \times \max\{0, CF(E_2)\} = 0.6 \times 0.3 = 0.18$

$CF_3(H_1) = CF(H_1, E_3) \times \max\{0, CF(E_3)\} = 0.2 \times 0.3 = 0.06$

（2）计算 H_1 的综合可信度：

$$CF_{1,2}(H_1) = CF_1(H_1) + CF_2(H_1) - CF_1(H_1) \times CF_2(H_1) \\ = 0.24 + 0.18 - 0.24 \times 0.18 = 0.3768 \quad (2 \text{ 分})$$

$$CF_{1,2,3}(H_1) = CF_{1,2}(H_1) + CF_3(H_1) - CF_{1,2}(H_1) \times CF_3(H_1) \\ = 0.3768 + 0.06 - 0.3768 \times 0.06 = 0.414 \quad (3 \text{ 分})$$

应用题（第 1、2 题各 8 分，第 3 题 10 分，共 26 分）

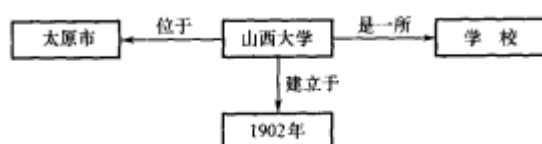
1. 设在语义网络系统的知识库中，存有下列事实的语义网络：（8 分）

山西大学是一个学校，位于太原市，建立时间是 1902 年。

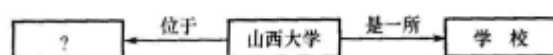
(5) 画出这一事实的语义网络；

(2) 假若将要求解的问题是：山西大学位于哪个城市？如何利用语义网络进行推理求解呢？

解：(1) 有关山西大学的语义网络如下：（4 分）

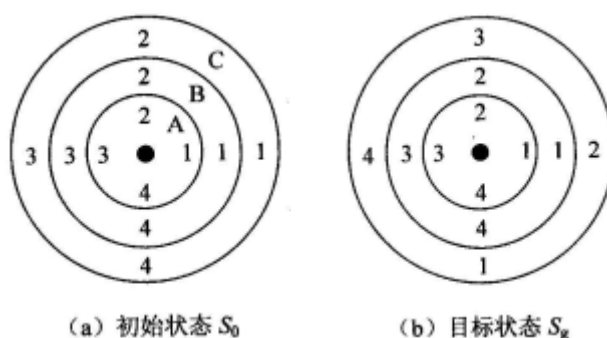


(6) 首先将待求解的问题表示成一个局部的语义网络，如下图所示：（2 分）



然后到语义网络系统的知识库中去匹配就会发现，与待求问题局部网络未知处相匹配的事实是“太原市”。所以，这个问题的解就是太原市。（2 分）

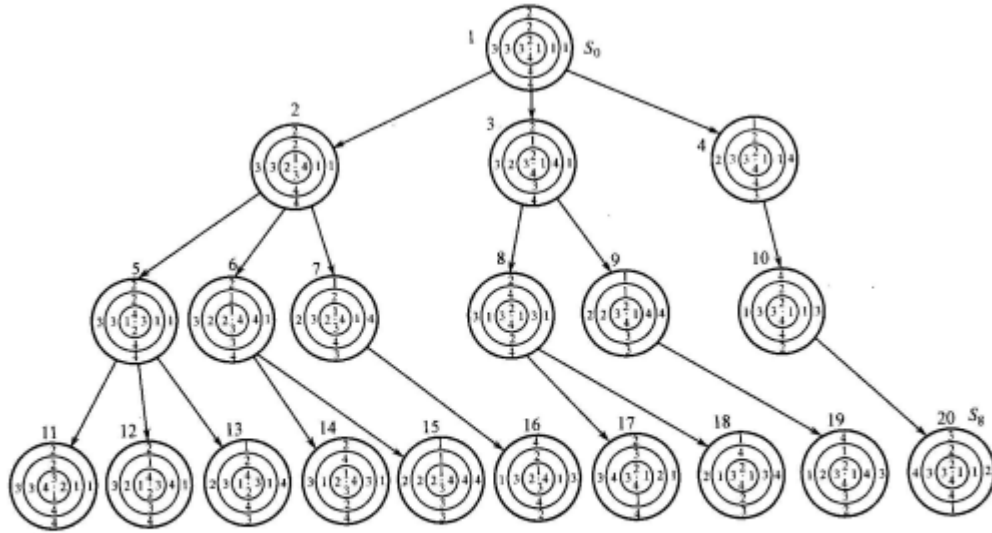
2. 设有三个大小不等的圆盘 A、B、C 套在一根轴上，每个圆盘上都标有数字 1、2、3，并且每个圆盘都可以独立地绕轴做逆时针转动，每次转动 90° ，其初始状态和目标状态如下图所示。



请画出广度优先搜索的搜索树，并指出解的路径。

解：搜索树如下图所示。（6 分）

解的路径：1(S_0) \rightarrow 4 \rightarrow 10 \rightarrow 20(S_g) （2 分）



3. 一个专家系统判断一个人是不是富有，所用的知识库（RICH 库）包含 17 条规则和 17 个事实。

- R1: IF 不尊贵 AND 有力气 THEN 富有
R2: IF 父母富有 AND 富有智能 THEN 富有
R3: IF 勤劳 AND 富有智能 THEN 富有
R4: IF 财富>100000.00 THEN 富有
R5: IF 在城堡居住 THEN 富有
R6: IF 职业=“医生” THEN 富有
R7: IF 职业=“信息工作者” THEN 富有
R8: IF 职业=“临时工” THEN 贫穷
R9: IF 不在城堡居住 THEN 贫穷
R10: IF 富有 THEN 不贫穷
R11: IF 贫穷 THEN 不富有
R12: IF 坐过监牢 THEN 不尊贵
R13: IF 身材高大 AND 块头大 THEN 有力气
R14: IF 身高>185.00 THEN 身材高大
R15: IF 体重>95.00 THEN 块头大
R16: IF 父母财富>10000.00 THEN 父母富有
R17: IF 每天工作时数>8.00 THEN 勤劳

(1) 在下表中将 RICH 库中事实的属性填写完整，属性为可询问和不可询问。(4 分)

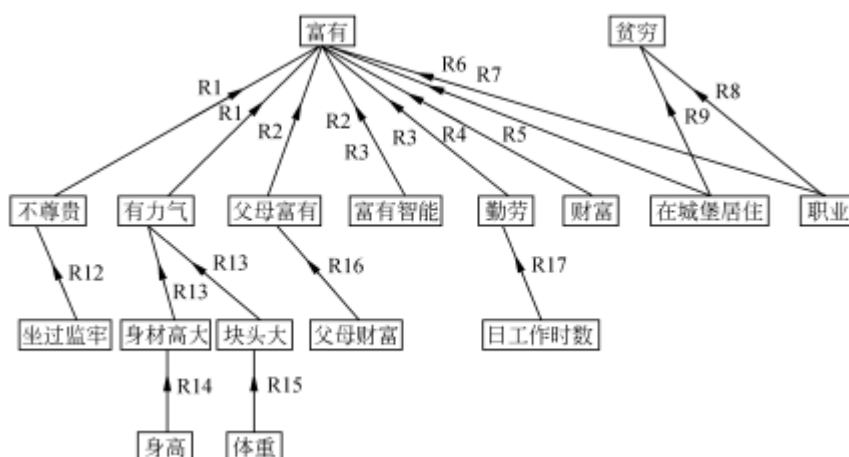
编 号	名 字	类 型	属 性
F1	坐过监牢	布尔	可询问
F2	有力气	布尔	
F3	财富	实型	
F4	父母财富	实型	

F5	身材高大	布尔	不可询问
F6	在城堡居住	布尔	可询问
F7	富有智能	布尔	可询问
F8	块头大	布尔	
F9	不尊贵	布尔	
F10	父母富有	布尔	
F11	贫穷	布尔	
F12	体重	实型	可询问
F13	职业	符号	可询问
F14	富有	布尔	不可询问
F15	身高	实型	可询问
F16	每天工作时数	实型	
F17	勤劳	布尔	不可询问

(2) 画出 RICH 库的依赖图。(6 分)

解：(1) 不可询问、可询问、可询问、不可询问、不可询问、不可询问、不可询问、可询问 (每个属性 0.5 分，共 4 分)

(2) RICH 库的依赖图如下所示：(6 分)



《人工智能与专家系统》试卷（10）参考答案与评分标准

问答题（每题 5 分，共 50 分）

1. 什么是知识？什么是知识表示？（5 分）

答：有格式的数据经过处理、解释过程会形成信息，而把有关的信息关联到一起，经过处理过程就形成了知识。（2 分）

知识表示是研究用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法，是一种数据结构与控制结构的统一体，既考虑知识的存储又考虑知识的使用。（3 分）

2. 请用一阶谓词逻辑法表示：“有的人喜欢登山，有的人喜欢游泳，有的人既喜欢登山又喜欢游泳”。（5 分）

答：定义谓词及个体。设 $LIKE(x, y)$ 表示： x 喜欢 y ， $Dengshan$ 表示登山， $Youyong$ 表示游泳。（1 分）

则：（4 分）

$$(\exists x)LIKE(x, Dengshan) \wedge (\exists y)LIKE(y, Youyong) \wedge (\exists z)(LIKE(z, Dengshan) \wedge LIKE(z, Youyong))$$

3. 写出“教师框架”的描述。（5 分）

答：

框架名：〈教师〉

姓名：单位（姓，名）

年龄：单位（岁）

性别：范围（男，女）

默认：男

职称：范围（教授，副教授，讲师，助教）

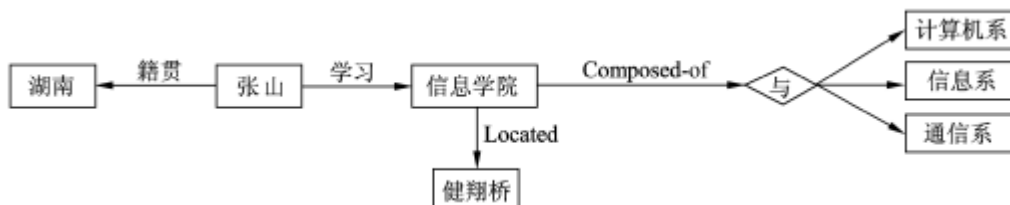
默认：讲师

部门：单位（系，教研室）

参加工作时间：单位（年，月）

4. 画出下列知识的语义网络：“籍贯为湖南的张山在信息学院读书，该学校位于健翔桥附近，该校由计算机系、信息系和通信系组成。”（5 分）

答：语义网络如下图：



5. 专家系统具有哪些优点？请写出三条。（5 分）

答：任写三条即可。

（1）随叫随到，方便实用。专家系统可以一天 24 小时地提供服务。（2）计算

机专家系统永远保持同样的知识水平。(3) 与人类专家相比, 专家系统工作时始终处于顶峰状态, 它总能产生最好的建议。(4) 计算机专家系统没有个性, 它为所有的用户提供无差别的服务。用户使用专家系统也没有个性方面的考虑。(5) 专家系统可以复制, 相当于产生多个专家, 而人类专家的培养则需要很长的时间。

6. 请解释“推理方法”和“推理机”。(5 分)

答: 推理方法是一种证明在一系列假设中隐含的结论的系统化方法。(2 分)

推理机是实现推理方法的一组程序, 由它来控制、协调整个系统, 并根据当前输入的数据, 利用知识库中的知识按一定的推理策略去解决所提出的问题。(3 分)

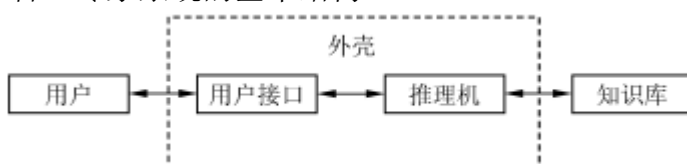
7. 什么是搜索? 有哪两大类不同的搜索方法?(5 分)

答: 搜索是一种求解问题的方法, 是寻找从问题初始事实最终答案的推理路线的一种过程。在利用这种方法求解问题, 要按照一定的策略, 从知识库中寻找可利用的知识, 从而构造一条使问题获得解决的推理路线。(3 分)

有两大类搜索方法, 即盲目搜索和启发式搜索。(2 分)

8. 画出专家系统的结构简图。(5 分)

答: 专家系统的基本结构:



9. 宽度优先搜索与深度优先搜索有何不同?(5 分)

答: 深度优先搜索与宽度优先搜索的区别在于: 在对节点 n 进行扩展时, 其后继节点在 OPEN 表中的存放位置不同。宽度优先搜索是将后继节点放入 OPEN 表的末端, 而深度优先搜索是将后继节点放入 OPEN 表的前端。即宽度优先搜索按照“先扩展出的节点先被考察”的原则进行搜索, 而深度优先搜索则按“后扩展出的节点先被考察”的原则进行搜索。宽度优先搜索是一种完备搜索, 即只要问题有解就一定能够求出, 而深度优先搜索是不完备搜索。

10. 用状态空间法表示问题时, 什么是问题的解? 求解过程的本质是什么?(5 分)

答: 用状态空间法表示问题时, 问题的解就是有向图中从某一节点(初始状态节点)到另一节点(目标状态节点)的路径。(2 分)

求解过程的本质就是对状态空间图的搜索, 即在状态空间图上寻找一条从初始状态到目标状态的路径。(3 分)

证明与推理(每题 8 分, 共 16 分)

1. 每个读书的人都是为了获得知识。证明: 对某个人来说, 若不能获得知识, 则他就不会读书。

证明:

定义谓词。read(x): 表示 x 读书; knowledge(x): 表示 x 获得知识。(2 分)

将前提和要求证的问题之否定化成子句集：（3 分）

(1) $\sim \text{read}(x) \vee \text{knowledge}(x)$

(2) $\sim \text{knowledge}(y)$

(3) $\text{read}(y)$

利用归结原理对上面的子句集中的子句进行归结：（3 分）

(4) $\sim \text{read}(y)$ (1) 与 (2) 归结, $\sigma = \{y/x\}$

(5) NIL (3) 与 (4) 归结

证毕。

2. 小丽和小芳是姐妹，任何姐妹都有同一个母亲，如果小丽的母亲是王华，问小芳的母亲是谁？

解：定义谓词。Mother(x, y)：x 是 y 的母亲；Sister(x, y)：x 和 y 是姐妹。（2 分）

然后将已知条件和问题用谓词公式表示出来，并将问题公式的否定与谓词 ANSWER 做析取，得到子句集：（3 分）

(1) $\sim \text{Sister}(x, y) \vee \sim \text{Mother}(z, x) \vee \text{Mother}(z, y)$

(2) $\text{Sister}(\text{Li}, \text{Fang})$

(3) $\text{Mother}(\text{WangHua}, \text{Li})$

(4) $\sim \text{Mother}(u, \text{Fang}) \vee \text{ANSWER}(u)$

应用归结原理进行归结：（3 分）

(5) $\sim \text{Sister}(\text{Li}, y) \vee \text{Mother}(\text{WangHua}, y)$

(1) 与 (3) 归结, $\sigma = \{\text{WangHua}/z, \text{Li}/x\}$

(6) $\sim \text{Sister}(\text{Li}, \text{Fang}) \vee \text{ANSWER}(\text{WangHua})$

(4) 与 (5) 归结, $\sigma = \{\text{WangHua}/u, \text{Fang}/y\}$

(7) $\text{ANSWER}(\text{WangHua})$ (2) 与 (6) 归结

得到归结式 $\text{ANSWER}(\text{WangHua})$ ，答案即在其中，所 $u=\text{WangHua}$ ，即小芳的母亲是 WangHua。

计算题（8 分）

1. 已知下列规则：

R1: IF E_1 THEN H_1 (0.7)

R2: IF E_2 THEN H_1 (0.6)

R3: IF E_3 THEN H_1 (0.4)

证据的可信度为 $CF(E_1)=CF(E_2)=CF(E_3)=0.5$ ， H_1 的初始可信度未知，计算 H_1 的综合可信度。

解：(1) 由规则 R1、R2、R3，分别计算 $CF(H_1)$ ：（3 分）

$$CF_1(H_1) = CF(H_1, E_1) \times \max\{0, CF(E_1)\} = 0.7 \times 0.5 = 0.35$$

$$CF_2(H_1) = CF(H_1, E_2) \times \max\{0, CF(E_2)\} = 0.6 \times 0.5 = 0.3$$

$$CF_3(H_1) = CF(H_1, E_3) \times \max\{0, CF(E_3)\} = 0.4 \times 0.5 = 0.2$$

(2) 计算 H_1 的综合可信度：

$$\begin{aligned} CF_{1,2}(H_1) &= CF_1(H_1) + CF_2(H_1) - CF_1(H_1) \times CF_2(H_1) \\ &= 0.35 + 0.3 - 0.35 \times 0.3 = 0.545 \quad (2 \text{ 分}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF_{1,2,3}(H_1) &= CF_{1,2}(H_1) + CF_3(H_1) - CF_{1,2}(H_1) \times CF_3(H_1) \\ &= 0.545 + 0.2 - 0.545 \times 0.2 = 0.636 \quad (3 \text{ 分}) \end{aligned}$$

应用题（第 1、2 题各 8 分，第 3 题 10 分，共 26 分）

1. 二阶 Hanoi 塔问题。已知三个柱子 1、2、3 和两个盘子 A、B（A 比 B 小）。初始状态 A、B 在柱 1，目标状态时 A、B 在柱 3。每次可以移动一个柱子上部的一个盘子，任何时候大盘都不能放在小盘之上。求其状态空间，并画出状态空间图。

解：（1）设用 $S_K = (S_{KA}, S_{KB})$ 表示问题的状态， S_{KA} 表示盘子 A 所在的柱号， S_{KB} 表示盘子 B 所在的柱号。（2 分）

（2）本问题所有可能的状态共有 9 种，描述如下：

$S_0 = (1, 1)$, $S_1 = (1, 2)$, $S_2 = (1, 3)$, $S_3 = (2, 1)$, $S_4 = (2, 2)$, $S_5 = (2, 3)$, $S_6 = (3, 1)$, $S_7 = (3, 2)$, $S_8 = (3, 3)$

问题的初始状态集合为 $S = \{S_0\}$ ，目标状态集合为 $G = \{S_8\}$ （2 分）

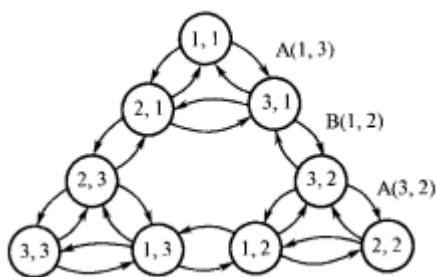
（3）定义一组算符 F。定义算符 $A(i, j)$ 表示把盘子 A 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作；算符 $B(i, j)$ 表示把盘子 B 从第 i 号柱子移到第 j 号柱子上的操作。这样定义的算符组共有 12 个算符，它们分别是：

$A(1, 2)$, $A(1, 3)$, $A(2, 1)$, $A(2, 3)$, $A(3, 1)$, $A(3, 2)$

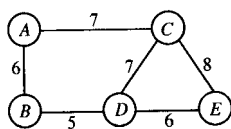
$B(1, 2)$, $B(1, 3)$, $B(2, 1)$, $B(2, 3)$, $B(3, 1)$, $B(3, 2)$ （2 分）

至此，该问题的状态空间 (S, F, G) 构造完成。这就完成了对问题的状态空间表示。

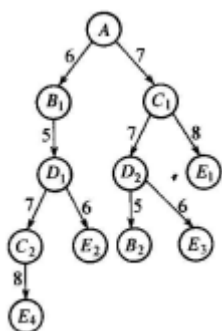
得到二阶 Hanoi 塔的状态空间图如下：（2 分）



2. 推销员旅行问题。假设 A、B、C、D 和 E 是五个城市，推销员从城市 A 出发到达城市 E，走怎样的路线费用最省？五个城市间的交通图及五个城市间的旅行费用如下图所示，图中的数字即是旅行费。（1）画出该问题的代价树；（2）对代价树进行广度优先搜索得到的路线是什么？该路线的代价是多少？



解：代价树如下：（4 分）



进行广度优先搜索得到的路线是 $A \rightarrow C \rightarrow E$ 。（2分）

该路线的代价是 15。（2分）

3. 一个专家系统判断一个人是不是富有，所用的知识库（RICH 库）包含 17 条规则和 17 个事实。

- R1: IF 不尊贵 AND 有力气 THEN 富有
 R2: IF 父母富有 AND 富有智能 THEN 富有
 R3: IF 勤劳 AND 富有智能 THEN 富有
 R4: IF 财富 > 100000.00 THEN 富有
 R5: IF 在城堡居住 THEN 富有
 R6: IF 职业 = “医生” THEN 富有
 R7: IF 职业 = “信息工作者” THEN 富有
 R8: IF 职业 = “临时工” THEN 贫穷
 R9: IF 不在城堡居住 THEN 贫穷
 R10: IF 富有 THEN 不贫穷
 R11: IF 贫穷 THEN 不富有
 R12: IF 坐过监牢 THEN 不尊贵
 R13: IF 身材高大 AND 块头大 THEN 有力气
 R14: IF 身高 > 185.00 THEN 身材高大
 R15: IF 体重 > 95.00 THEN 块头大
 R16: IF 父母财富 > 10000.00 THEN 父母富有
 R17: IF 每天工作时数 > 8.00 THEN 勤劳

(2) 在下表中将 RICH 库中事实的属性填写完整，属性为可询问和不可询问。（4分）

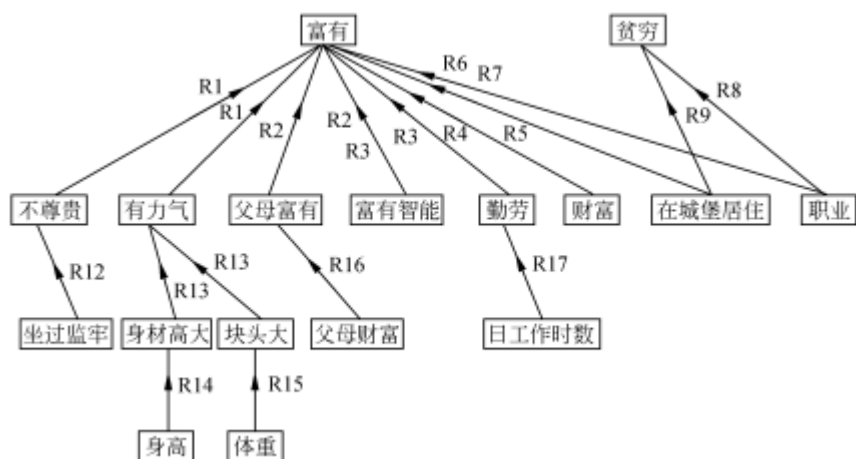
编 号	名 字	类 型	属 性
F1	坐过监牢	布尔	可询问
F2	有力气	布尔	
F3	财富	实型	
F4	父母财富	实型	
F5	身材高大	布尔	不可询问
F6	在城堡居住	布尔	可询问
F7	富有智能	布尔	可询问
F8	块头大	布尔	
F9	不尊贵	布尔	
F10	父母富有	布尔	
F11	贫穷	布尔	

F12	体重	实型	可询问
F13	职业	符号	可询问
F14	富有	布尔	不可询问
F15	身高	实型	可询问
F16	每天工作时数	实型	
F17	勤劳	布尔	不可询问

(2) 画出 RICH 库的依赖图。(6 分)

解：(1) 不可询问、可询问、可询问、不可询问、不可询问、不可询问、不可询问、可询问 (每个属性 0.5 分，共 4 分)

(2) RICH 库的依赖图如下所示：(6 分)



问题 1：人工智能产生于哪一年？

解答：1956 年。1956 年夏季，美国的一些年青科学家在 Dartmouth 大学召开了一个夏季讨论会，在该次会议上，第一次提出了人工智能（Artificial Intelligence）这一术语，标志着人工智能的诞生。

问题 2：什么是人工智能？

解答：人工智能是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统，来模拟人类智能活动的能力，以延伸人们智能的科学。

问题 3：产生式系统由哪些部分组成？

解答：组成产生式系统的三要素：（1）综合数据库；（2）一组产生式规则（或者规则集）；（3）一个控制系统（或者控制策略）

问题 4：搜索算法分为哪两大类？

解答：搜索算法，根据其是否使用与问题有关的知识，分为盲目搜索（无信息搜索）和启发式搜索两大类。

问题 5：回溯方法在哪些情况下进行回溯？

解答：（1）当遇到非法状态时；（2）当一个状态的所有规则都用完时；（3）当节点的深度达到了限制值，还没有找到解时；（4）当出现回路时。

问题 6：深度优先方法的特点是什么？

解答：（1）属于图搜索；（2）是一个通用的搜索方法；（3）如果深度限制不合适，有可能找不到问题的解；（4）不能保证找到最优解。

问题 7：宽度优先方法的特点是什么？

解答：（1）属于图搜索；（2）是一个通用的搜索方法；（3）当问题有解时，一定能找到解；（4）在单位耗散值的情况下，问题如果有解，一定能找到最优解。

问题 8：什么是 A 算法？

解答：定义评价函数: $f(n)=g(n)+h(n)$ 对 OPEN 表中的元素按照 f 值，从小到大进行排列，每次从 OPEN 表中取出 f 值最小的节点扩展，这种图搜索算法成为 A 算法。

问题 9：A 算法中的 $f(n)$ 、 $g(n)$ 和 $h(n)$ 各代表什么含义？

解答： $g(n)$ 表示从初始节点到节点 n 的最优路径耗散值的估计。 $h(n)$ 表示从节点 n 到目标节点最优路径耗散值的估计。 $f(n)=g(n)+h(n)$ 表示从初始节点出发，经过节点 n ，到达目标节点的最优路径的耗

散值的估计。

问题 10: A 算法中, 是如何判断算法成功结束的? 只要出现了目标节点就立即结束对吗?

解答: 每次从 OPEN 表中取出第一个节点, 在扩展该节点之前, 判断该节点是否是目标节点, 如果是目标节点, 则算法成功结束。如果目标节点虽然出现了, 但它还不是 OPEN 表中 f 值最小的节点, 则不能立即结束, 需要继续扩展下去, 直到目标节点的 f 值在 OPEN 表中最小为止。

问题 11: 什么是 A*算法?

回答: 如果对于任何节点 n, 有 $h(n) \leq h^*(n)$, 则此时的 A 算法称为 A*算法。

问题 12: A*算法有什么特点?

回答: (1) 是一种启发式的图搜索算法; (2) 当问题有解时, A*算法一定能找到解, 并且能保证找到最佳解。

问题 13: 为什么 A*算法会出现重复扩展节点的问题?

回答: 一般情况下, 当 A*算法扩展节点 n 时, 并不能保证已经找到了从初始节点到节点 n 的最短路径, 所以在以后的搜索中, 当找到了更短的从初始节点到节点 n 的路径时, 就要对 n 进行重复扩展。

问题 14: 如何避免或者减少重复节点扩展问题?

回答: 有两种方法可以避免或者减少重复节点扩展问题。一是定义满足单调条件的启发函数 h; 二是对 A*算法进行适当的修改, 对于 f 值小于 f_m 的节点, 按照 g 值排队, 选 g 值最小的节点优先扩展。

问题 15: h 是单调的条件是什么?

回答: 如果对于任何节点 n_i 和 n_j , 其中 n_j 是 n_i 的后继节点, h 满足条件:

$h(n_i) - h(n_j) \leq C(n_i, n_j)$, 且 $h(t) = 0$, 其中 t 为目标节点, 则称为 h 是单调的。

问题 16: 当 h 满足单调条件时, 就可以完全避免重复节点扩展问题吗? 为什么?

回答: 是的。因为当 h 是单调的时, 当 A*算法扩展节点 n 时, 就已经找到了从初始节点到节点 n 的最优路径, 因此在以后的搜索过程中, 不会出现需要修改到 n 的路径问题, 因此也就不会出现重复扩展节点问题了。

问题 17: 修正的 A*算法可以完全避免重复扩展节点问题吗?

回答: 不能。只是有可能避免一些重复扩展节点问题。最坏情况下, 重复扩展的节点数与 A*算法相同。

问题 18: AO*算法的特点是什么?

回答: (1) 是一种与或图启发式搜索算法。(2) 当 $h(n)$ 满足单调条件时, 如果问题有解, 则 AO*算法一定能找到最优解。

问题 19: 在与或图中, 什么是能解节点? 什么是不能解节点?

回答: 能解节点: (1) 终节点是能解节点; (2) 若非终节点有"或"子节点时, 当且仅当其子节点至少有一个能解, 该非终节点才能解; (3) 若非终节点有"与"子节点时, 当且仅当其子节点均能解, 该非终节点才能解。

不能解节点：(1) 没有后裔的非终节点是不能解节点；(2) 若非终节点有"或"子节点时，当且仅当所有子节点均不能解时，该非终节点才不能解；(3) 若非终节点有"与"子节点时，当至少有一个子节点不能解时，该非终节点才不能解。

问题 20： $\alpha - \beta$ 剪枝方法只是极小极大方法的一种近似，剪枝可能会遗漏掉最佳走步。这种说法是否正确？

回答：不正确。 $\alpha - \beta$ 剪枝方法利用已经搜索的信息，剪掉哪些对于搜索最佳走步没有意义的分枝，其找到的最佳走步与极小极大方法找到的结果是一样的。而且搜索效率有很大提高。

问题 21： $\alpha - \beta$ 剪枝的条件是什么？

回答： α 剪枝：若任一极小值层节点的 β 值小于或等于它任一先辈极大值节点的 α 值，即 α （先辈层） $\geq \beta$ （后继层），则可中止该极小值层中这个 MIN 节点以下的搜索过程。这个 MIN 节点最终的倒推值就确定为这个 β 值。

β 剪枝：若任一极大值层节点的 α 值大于或等于它任一先辈极小值层节点的 β 值，即 α （后继层） $\geq \beta$ （先辈层），则可以中止该极大值层中这个 MAX 节点以下的搜索过程。这个 MAX 节点的最终倒推值就确定为这个 α 值。

问题 22：什么是置换？置换是可交换的吗？

回答：通常用有序对的集合 $s = \{t_1/v_1, t_2/v_2, \dots, t_n/v_n\}$ 来表示任一置换，置换集的元素 t_i/v_i 的含义是表达式中的变量 v_i 处处以项 t_i 来替换，用 s 对表达式 E 作置换后的例简记为 E_s 。一般来说，置换是不可交换的，即两个置换合成的结果与置换使用的次序有关。

问题 23：什么是合一？什么是合一者？

回答：若存在一个置换 s 使得表达式集 $\{E_i\}$ 中每个元素经置换后的例有： $E_1s = E_2s = E_3s = \dots$ ，则称表达式集 $\{E_i\}$ 是可合一的，这个置换 s 称作 $\{E_i\}$ 的合一者。

问题 24：什么是归结？

回答：对于子句 $C_1 \vee L_1$ 和 $C_2 \vee L_2$ ，其中 L_1 、 L_2 是单文字。如果 L_1 与 $\sim L_2$ 可合一，且 s 是其合一者，则 $(C_1 \vee C_2)s$ 是其归结式。这一过程称作归结。

问题 25：简述用归结法证明定理的过程。

回答：(1) 将已知条件化作子句集；(2) 将结论的否定化作子句集；(3) 从所有子句集中选取两个可归结的子句进行归结；(4) 重复过程 (3)，直到出现空子句 NIL 为止。这时，就证明了在所给已知条件下结论成立。

问题 26：简述基于归结法的问题提取回答的过程。

回答：(1) 首先用归结法证明结论成立，并画出归结树；(2) 找出结论的否定所对应的子句 s 在归结树中的位置，用重言式 $s \sim s$ 代替 s ，并参予归结树中所有的置换，得到修改证明树；(3) 在原来归结树中空子句所在位置得到一个子句，该子句即为问题的回答。

问题 27：简述基于规则的正向演绎系统的使用条件

回答：(1) 事实表达式是任意形式；

(2) 规则形式为：

$L \rightarrow W$

或 $L1 \vee L2 \rightarrow W$

其中 L 为单文字, W 为任意形式。

(3) 目标公式为文字析取形。

问题 28: 简述基于规则的逆向演绎系统的使用条件

回答: (1) 事实表达式是文字合取形式

(2) 规则形式为:

$W \rightarrow L$

或 $W \rightarrow L1 \wedge L2$

其中 L 为单文字, W 为任意形式。

(3) 目标公式是任意形式

问题 29: 简述基于规则的正向演绎系统对事实、规则和目标化简过程。

回答: (1) 用 Skolem 函数消去事实表达式中的存在量词, 化简的公式受全称量词的约束

(2) 对规则的处理同 (1)

(3) 用 Skolem 函数 (对偶形) 消去目标公式中的全称量词, 化简的公式受存在量词约束

问题 30: 简述基于规则的逆向演绎系统对事实、规则和目标化简过程。

回答: (1) 用 Skolem 函数 (对偶形) 消去目标公式中的全称量词, 化简的公式受存在量词的约束

(2) 对规则的处理同 (3)

(3) 用 Skolem 函数消去事实表达式中的存在量词, 化简的公式受全称量词的约束

问题 31: 在基于规则的正向演绎系统中, 如何用与或树表示事实表达式?

回答: 在将事实表达式用与或树表示时, 其"与"和"或"的关系是刚好相反的。在事实中的" \wedge "号在与或树中表达为"或"的关系, 而事实中的" \vee "号, 在与或树中表达为"与"的关系。

问题 32: 在基于规则的逆向演绎系统中, 如何用与或树表示目标表达式?

回答: 在用与或图表示目标表达式时, 目标表达式中的"与""或"关系, 和与或图中的"与""或"关系是一致的。即目标表达式中的" \wedge "号在与或树中表达为"与"的关系, " \vee "号在与或树中表达为"或"的关系。

问题 33: 如何求一个置换集的合一复合?

回答: 求一个置换集的合一复合, 首先构造 $U1$ 、 $U2$ 两个表达式, 其中 $U1$ 由置换集中的所有被置换的变量组成, $U2$ 由与 $U1$ 中的变量所对应的置换项组成。当 $U1$ 、 $U2$ 可以合一时, 则所对应的置换集是一致的, 它们的 mgu 就是该置换集的合一复合。

问题 34: 什么是一致解图?

回答: 当一个解图中所有涉及的置换构成的置换集是一致的时, 该解图称为一致解图。

问题 35: 不确定性推理方法中的 CF 方法进行计算时应该注意什么问题?

回答: 在使用 CF 方法进行计算的时候, 如果要求一个命题 B 的 CF 值, 应该考虑使用不同规则之后的更新值。假设有 $A \rightarrow B$ 存在且知道 $CF(A)$, $CF(B)$ 以及 $CF(B, A)$, 应该使用公式来进行计算。

问题 36: 知识表示和推理方法是相互独立的吗?

答: 一个好的人工智能系统, 要求知识库和推理机独立, 这样便于模块化的设计。但是知识表示和推理方法并不是相互独立的, 也很难作到完全分离。不同的知识表示方法有不同的推理机制, 它们是相互依存的。有一些知识表示方法在构成人工智能系统的时候并不能做到知识库和推理机的脱离, 但是推理的效率比较高。因此选择什么样的知识表示和其相应的推理方法是与待解决的任务相关联的。