



复习课 作业讲解

School of Computer Science and Engineering
Sun Yat-Sen University



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

作业 讲解

1 第一次作业

2 第二次作业

3 第三次作业

1.1 Hanoi 问题表示：已知3个柱子1、2、3，3个盘子A、B、C（A比B大，B比C大）。初始状态时，A、B、C依次放在柱子1上。目标状态是A、B、C依次放在柱子3上。条件是每次可移动一个盘子，盘子上方为空才可以移动，而且任何时候都不允许大盘子在小盘子的上面。请使用一阶谓词逻辑对这一问题进行描述。

□ 常量：A、B、C、1、2、3

□ 谓词

$plate(x)$ 表示 x 是盘子

$pillar(x)$ 表示 x 是柱子

$at(x, y)$ 表示盘子 x 在柱子 y 上

$bigger(x, y)$ 表示盘子 x 比盘子 y 大

$above(x, y)$ 表示盘子 x 在盘子 y 上方

$move(x, y, z)$ 表示将盘子 x 从柱子 y 移动到柱子 z

□ 已知

$$bigger(A, B), bigger(B, C)$$

□ 初始条件

$$at(A, 1), at(B, 1), at(C, 1), above(C, B), above(B, A)$$

□ 目标

$$at(A, 3), at(B, 3), at(C, 3), above(C, B), above(B, A)$$

□ 移动条件

$$(\forall u)(\forall x)(\forall y)(plate(u) \wedge pillar(x) \wedge pillar(y) \wedge at(u, x) \wedge \neg(\exists v)(plate(v) \wedge above(v, u)) \\ \wedge (\forall t)(plate(t) \wedge at(t, y) \rightarrow bigger(t, u)) \rightarrow move(u, x, y))$$

1.2 对下述公式集合执行合一算法，判断是否可合一，如果可以合一，请给出最一般合一。

$$(1) S = \{P(a, x, f(g(y))), P(z, h(z, u), f(u))\}$$

$$(2) S = \{P(f(a), g(s)), P(y, y)\}$$

$$(3) S = \{P(a, x, h(g(z))), P(z, h(y), h(y))\}$$

$$(1) S = P(a, x, f(g(y))), P(z, h(z, u), f(u))$$

$$<1> \delta_0 = \epsilon, W_0 = S, D_0 = \{a, z\}$$

$$<2> \text{令 } \delta_1 = \{a/z\}, W_1 = \{P(a, x, f(g(y))), P(a, h(a, u), f(u))\}$$

$$<3> W_1 \text{ 未合一}, D_1 = \{x, h(a, u)\}$$

$$<4> \delta_2 = \{a/z, h(a, u)/x\}, W_2 = \{P(a, h(a, u), f(g(y))), P(a, h(a, u), f(u))\}$$

$$<5> W_2 \text{ 未合一}, D_2 = (g(y), u)$$

$$<6> \delta_3 = \{a/z, h(a, g(y))/x, g(y)/u\}, W_3 = \{P(a, h(a, g(y)), f(g(y)))\}$$

故 $\delta_3 = \{a/z, h(a, g(y))/x, g(y)/u\}$ 为 S 的最一般合一。

1.2 对下述公式集合执行合一算法，判断是否可合一，如果可以合一，请给出最一般合一。

$$(1) S = \{P(a, x, f(g(y))), P(z, h(z, u), f(u))\}$$

$$(2) S = \{P(f(a), g(s)), P(y, y)\}$$

$$(3) S = \{P(a, x, h(g(z))), P(z, h(y), h(y))\}$$

$$(2) S = \{P(f(a), g(s)), P(y, y)\}$$

$$<1> \delta_0 = \epsilon, W_0 = S, D_0 = \{f(a), y\}$$

$$<2> \text{令 } \delta_1 = \{f(a)/y\}, W_1 = \{P(f(a), g(s)), P(f(a), f(a))\}$$

<3> W_1 未合一, $D_1 = \{f(a), g(s)\}$, 无变量符号, 故 S 不可合一

1.2 对下述公式集合执行合一算法，判断是否可合一，如果可以合一，请给出最一般合一。

$$(1) S = \{P(a, x, f(g(y))), P(z, h(z, u), f(u))\}$$

$$(2) S = \{P(f(a), g(s)), P(y, y)\}$$

$$(3) S = \{P(a, x, h(g(z))), P(z, h(y), h(y))\}$$

$$(3) S = \{P(a, x, h(g(z))), P(z, h(y), h(y))\}$$

$$<1> \delta_0 = \epsilon, W_0 = S, D_0 = \{a, z\}$$

$$<2> \text{令 } \delta_1 = \{a/z\}, W_1 = \{P(a, x, h(g(a))), P(a, h(y), h(y))\}$$

$$<3> W_1 \text{ 未合一}, D_1 = \{x, h(y)\}$$

$$<4> \delta_2 = \{a/z, h(y)/x\}, W_2 = \{P(a, h(y), h(g(a))), P(a, h(y), h(y))\}$$

$$<5> W_2 \text{ 未合一}, D_2 = \{g(a), y\}$$

$$<6> \delta_3 = \{a/z, h(g(a))/x, g(a)/y\}, W_3 = \{P(a, h(g(a)), h(g(a)))\}$$

故 $\delta_3 = \{a/z, h(g(a))/x, g(a)/y\}$ 为 S 的最一般合一。

1.3 已知:

规则1: 任何人的兄弟不是女性

规则2: 任何人的姐妹必是女性

事实: Mary 是Bill 的姐妹

求证: 用归结推理方法证明Mary不是Tom的兄弟。

□ 第一步: 定义谓词, 将待证明的问题的前提条件和逻辑结论用谓词公式表示出来。

□ 定义谓词

$brother(x, y)$: 表示 x 是 y 的兄弟

$sisiter(x, y)$: 表示 x 是 y 的姐妹

$woman(x)$: 表示 x 是女性

□ 将前提及要求证明的问题表示成谓词公式

规则1. 任何人的兄弟不是女性:

$$(\forall x) (\forall y) (brother(x, y) \rightarrow \neg woman(x))$$

规则2. 任何人的姐妹必是女性:

$$(\forall x) (\forall y) (sister(x, y) \rightarrow woman(x))$$

事实: Mary是Bill的姐妹:

$$sister(Mary, Bill)$$

事实: Mary不是Tom的兄弟:

$$\neg brother(Mary, Tom)$$

- 第二步：将上述规则与事实及求证目标的否定化成子句集。

规则1.

$$(\forall x) (\forall y) (brother(x, y) \rightarrow \neg woman(x))$$

消去蕴含符号

$$(\forall x) (\forall y) (\neg brother(x, y) \vee \neg woman(x))$$

用子句集表示

$$S_1 = \{\neg brother(x, y) \vee \neg woman(x)\}$$

规则2.

$$(\forall x) (\forall y) (sister(x, y) \rightarrow woman(x))$$

消去蕴含符号

$$(\forall x) (\forall y) (\neg sister(x, y) \vee woman(x))$$

用子句集表示

$$S_2 = \{\neg sister(x, y) \vee woman(x)\}$$

第一次作业



事实

$sisiter(Mary, Bill)$

用子句集表示

$$S_3 = \{sisiter(Mary, Bill)\}$$

求证

$$\neg brother(Mary, Tom)$$

将其否定用子句集表示

$$S_{\neg 4} = \{brother(Mary, Tom)\}$$

所以

$$S = S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_{\neg 4}$$

$$= \{\neg brother(x, y) \vee \neg woman(x), \neg sister(x, y) \vee woman(x), \\ sisiter(Mary, Bill), brother(Mary, Tom)\}$$

□ 第三步：利用归结原理对子句集S中的子句进行归结。

(1) $\neg brother(x, y) \vee \neg woman(x)$

(2) $\neg sister(x, y) \vee woman(x)$

(3) $sister(Mary, Bill)$

(4) $brother(Mary, Tom)$

(1)与(4)归结, $\sigma = \{Mary/x, Tom/y\} \Rightarrow (5) \neg woman(Mary)$

(2)与(3)归结, $\sigma = \{Mary/x, Bill/y\} \Rightarrow (6) woman(Mary)$

(5)与(6)归结 $\Rightarrow (7) NIL$

□ 由此证得Mary不是Tom的兄弟

1.4 用谓词逻辑的子句集表示下述刑侦知识，并用反演归结的支持集策略证明结论。

(1) 用子句集表示下述知识。

- ① John 是贼;
- ② Paul 喜欢酒(wine);
- ③ Paul(也) 喜欢奶酪 (cheese);
- ④ 如果Paul 喜欢某物，则John也喜欢;
- ⑤ 如果某人是贼，而且喜欢某物，则他就可能会偷窃该物。

(2) 求：John 可能会偷窃什么？

□ 第一步：定义谓词，将已知条件和要求证明的问题用谓词公式表示出来。

(1) 定义谓词：

$thief(x)$: 表示 x 是贼

$likes(x, y)$: 表示 x 喜欢 y

$steal(x, y)$: 表示 x 可能会偷窃 y

第一次作业



(1) 将前提及要求证明的问题表示成谓词公式： John 是贼 $thief(John)$

Paul 喜欢酒 (wine) $likes(Paul, wine)$

Paul 喜欢奶酪 (cheese) $likes(Paul, cheese)$

如果 Paul 喜欢某物，则 John 也喜欢

$$(\forall y)(likes(Paul, y)) \rightarrow likes(John, y))$$

如果某人是贼，而且喜欢某物，则他就可能会偷窃该物

$$(\forall x)(\forall y)(thief(x) \wedge likes(x, y) \rightarrow steal(x, y))$$

John 可能会偷窃酒 $steal(John, wine)$

John 可能会偷奶酪 $steal(John, cheese)$

- 第二步：将上述规则与事实及求证目标的否定化成子句集。

$thief(John)$ 用子句集表示: $S_1 = \{thief(John)\}$

$likes(Paul, wine)$ 用子句集表示: $S_2 = \{likes(Paul, wine)\}$

$likes(Paul, cheese)$ 用子句集表示: $S_3 = \{likes(Paul, cheese)\}$

$(\forall y)(likes(Paul, y)) \rightarrow likes(John, y)$

消去蕴含符号: $(\forall y)(\neg likes(Paul, y)) \vee likes(John, y)$

用子句集表示: $S_4 = \{\neg likes(Paul, y) \vee likes(John, y)\}$

第一次作业



$$(\forall x)(\forall y)(thief(x) \wedge likes(x, y) \rightarrow steal(x, y))$$

消去蕴含符号:

$$(\forall x)(\forall y)(\neg(thief(x) \wedge likes(x, y)) \vee steal(x, y))$$

将否定符号移到谓词前面:

$$(\forall x)(\forall y)(\neg thief(x) \vee \neg likes(x, y) \vee steal(x, y))$$

用子句集表示:

$$S_5 = \{\neg thief(x) \vee \neg likes(x, y) \vee steal(x, y)\}$$

第一次作业



$steal(John, wine)$ 将其否定用子句集表示: $S_{\neg 6} = \{\neg steal(John, wine)\}$

$steal(John, cheese)$ 将其否定用子句集表示: $S_{\neg 7} = \{\neg steal(John, cheese)\}$

即: $S = S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 \cup S_5 \cup S_{\neg 6} \cup S_{\neg 7}$

□ 第三步: 利用归结原理对子句集S中的子句进行归结。

(1) $thief(John)$

(2) $likes(Paul, wine)$

(3) $likes(Paul, cheese)$

(4) $\neg likes(Paul, y) \vee likes(John, y)$

(5) $\neg thief(x) \vee \neg likes(x, y) \vee steal(x, y)$

(6) $\neg steal(John, wine)$

(7) $\neg steal(John, cheese)$

第一次作业



□ 第三步：利用归结原理对子句集S中的子句进行归结。

(1) $thief(John)$

(2) $likes(Paul, wine)$

(3) $likes(Paul, cheese)$

(4) $\neg likes(Paul, y) \vee likes(John, y)$

(5) $\neg thief(x) \vee \neg likes(x, y) \vee steal(x, y)$

(6) $\neg steal(John, wine)$

(7) $\neg steal(John, cheese)$

(5)与(6)归结, $\sigma = \{John/x, wine/y\} \Rightarrow$ (8) $\neg thief(John) \vee \neg likes(John, wine)$

(1)与(8)归结 \Rightarrow (9) $\neg likes(John, wine)$

(4)与(9)归结, $\sigma = \{wine/y\} \Rightarrow$ (10) $\neg likes(Paul, wine)$

(2)与(10)归结 $\Rightarrow NIL$

由此可知 $John$ 可能会偷窃酒 ($wine$)

第一次作业



□ 第三步：利用归结原理对子句集S中的子句进行归结。

(1) $thief(John)$

(2) $likes(Paul, wine)$

(3) $likes(Paul, cheese)$

(4) $\neg likes(Paul, y) \vee likes(John, y)$

(5) $\neg thief(x) \vee \neg likes(x, y) \vee steal(x, y)$

(6) $\neg steal(John, wine)$

(7) $\neg steal(John, cheese)$

(5)与(7)归结, $\sigma = \{John/x, cheese/y\} \Rightarrow (11) \neg thief(John) \vee \neg likes(John, cheese)$

(1)与(11)归结 $\Rightarrow (12) \neg likes(John, cheese)$

(4)与(12)归结, $\sigma = \{cheese/y\} \Rightarrow (13) \neg likes(Paul, cheese)$

(3)与(13)归结 $\Rightarrow NIL$

由此可知, $John$ 可能会偷窃奶酪 ($cheese$)

□ 综上, $John$ 可能会偷窃酒, 也可能会偷窃奶酪。

1.5 任何通过了历史考试并中了彩票的人都是快乐的。任何肯学习或幸运的人都可以通过所有考试，小张不学习，但很幸运，任何人只要是幸运的，就能中彩。

求证：小张是快乐的。

□ 第一步：定义谓词，将待证明的问题的前提条件和逻辑结论用谓词公式表示出来。

(1) 定义谓词

$study(x)$ 表示 x 肯学习

$win(x)$ 表示 x 中彩

$lucky(x)$ 表示 x 幸运

$happy(x)$ 表示 x 快乐

$pass(x, y)$ 表示 x 通过考试 y

(2) 将前提及要求证明的问题表示成谓词公式

- 任何通过历史考试并中了彩票的人是幸运的

$$(\forall x)(pass(x, history) \wedge win(x) \rightarrow happy(x))$$

- 任何肯学习或幸运的人可以通过所有考试

$$(\forall x)(\forall y)(study(x) \vee lucky(x) \rightarrow pass(x, y))$$

- 小张不学习 $\neg study(zhang)$

- 小张很幸运 $lucky(zhang)$

- 任何人只要是幸运的, 就能中彩票 $(\forall x)(lucky(x) \rightarrow win(x))$

- 求证: 小张是快乐的 $happy(zhang)$

- 第二步：将上述规则与事实及求证目标的否定化成子句集。

$$(\forall x)(pass(x, history) \wedge win(x) \rightarrow happy(x))$$

- 消去蕴含符号

$$(\forall x)(\neg(pass(x, history) \wedge win(x)) \vee happy(x))$$

- 把否定符号移到每个谓词前面

$$(\forall x)(\neg pass(x, history) \vee \neg win(x) \vee happy(x))$$

- 用子句集表示

$$S_1 = \{\neg pass(x, history) \vee \neg win(x) \vee happy(x)\}$$

$$(\forall x)(\forall y)(study(x) \vee lucky(x) \rightarrow pass(x, y))$$

- 消去蕴含符号

$$(\forall x)(\forall y)(\neg(study(x) \vee lucky(x)) \vee pass(x, y))$$

- 把否定符号移到每个谓词前面

$$(\forall x)(\forall y)((\neg study(x) \vee pass(x, y)) \wedge (\neg lucky(x) \vee pass(x, y)))$$

- 用子句集表示

$$S_2 = \{\neg study(x) \vee pass(x, y), \neg lucky(x) \vee pass(x, y)\}$$

第一次作业



$\neg study(zhang)$ 用子句集表示: $S_3 = \{\neg study(zhang)\}$

$lucky(zhang)$ 用子句集表示: $S_4 = \{lucky(zhang)\}$

$$(\forall x)(lucky(x) \rightarrow win(x))$$

- 消去蕴含符号: $(\forall x)(\neg lucky(x) \vee win(x))$

- 用子句集表示: $S_5 = \{\neg lucky(x) \vee win(x)\}$

$happy(zhang)$ 用子句集表示: $S_{-6} = \{\neg happy(zhang)\}$

即: $S = S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 \cup S_5 \cup S_{-6}$

第一次作业



$\neg study(zhang)$ 用子句集表示: $S_3 = \{\neg study(zhang)\}$

$lucky(zhang)$ 用子句集表示: $S_4 = \{lucky(zhang)\}$

$$(\forall x)(lucky(x) \rightarrow win(x))$$

- 消去蕴含符号

$$(\forall x)(\neg lucky(x) \vee win(x))$$

- 用子句集表示

$$S_5 = \{\neg lucky(x) \vee win(x)\}$$

□ 第三步：利用归结原理对子句集 S 中的子句进行归结。

(1) $\neg pass(x, history) \vee \neg win(x) \vee happy(x)$

(2) $\neg study(x) \vee pass(x, y)$

(3) $\neg lucky(x) \vee pass(x, y)$

(4) $\neg study(zhang)$

(5) $lucky(zhang)$

(6) $\neg lucky(x) \vee win(x)$

(7) $\neg happy(zhang)$

(1)与(7)归结, $\sigma = \{zhang/x\} \Rightarrow (8) \neg pass(zhang, history) \vee \neg win(zhang)$

(5)与(6)归结, $\sigma = \{zhang/x\} \Rightarrow (9) win(zhang)$

(8)与(9)归结 $\Rightarrow (10) \neg pass(zhang, history)$

(3)与(10)归结 $\Rightarrow (11) \neg lucky(zhang)$

(11)与(5)归结 $\Rightarrow NIL$

□ 所以小张是快乐的。



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

作业 讲解

1 第一次作业

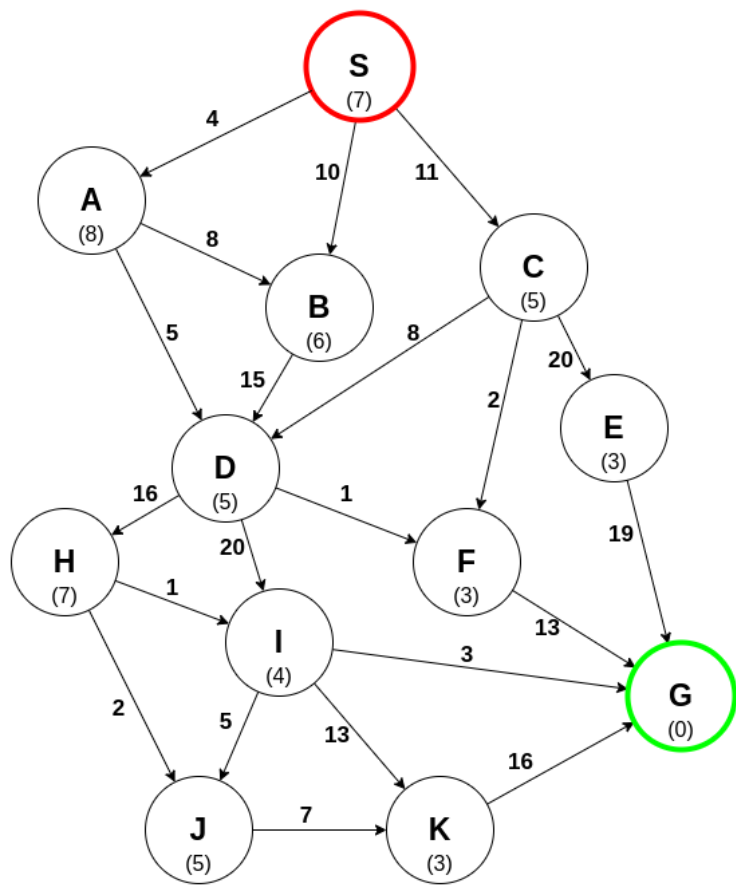
2 第二次作业

3 第三次作业

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。

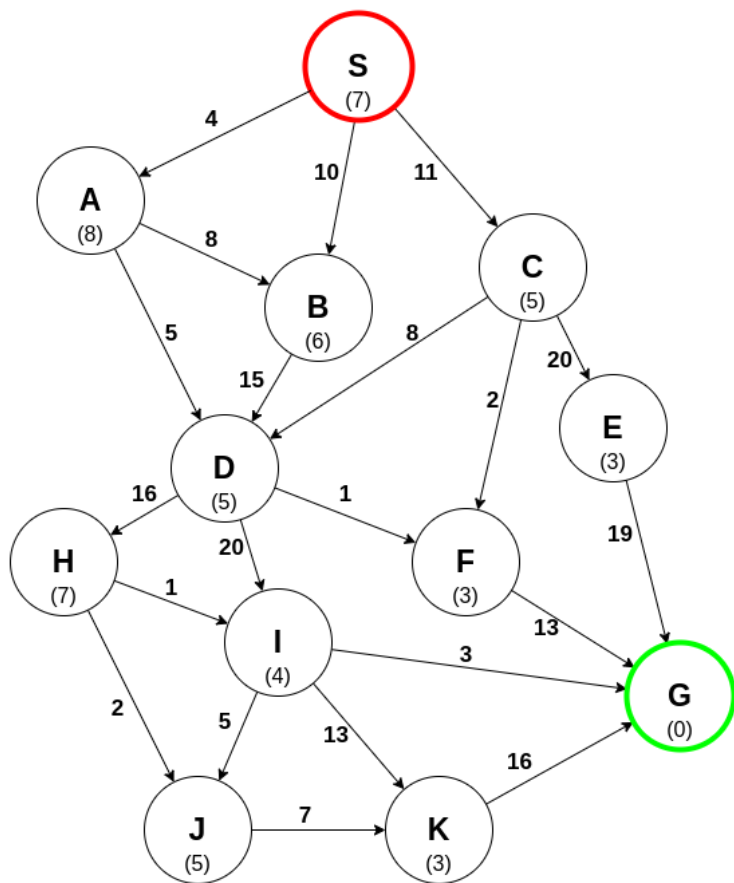


[illegible]

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



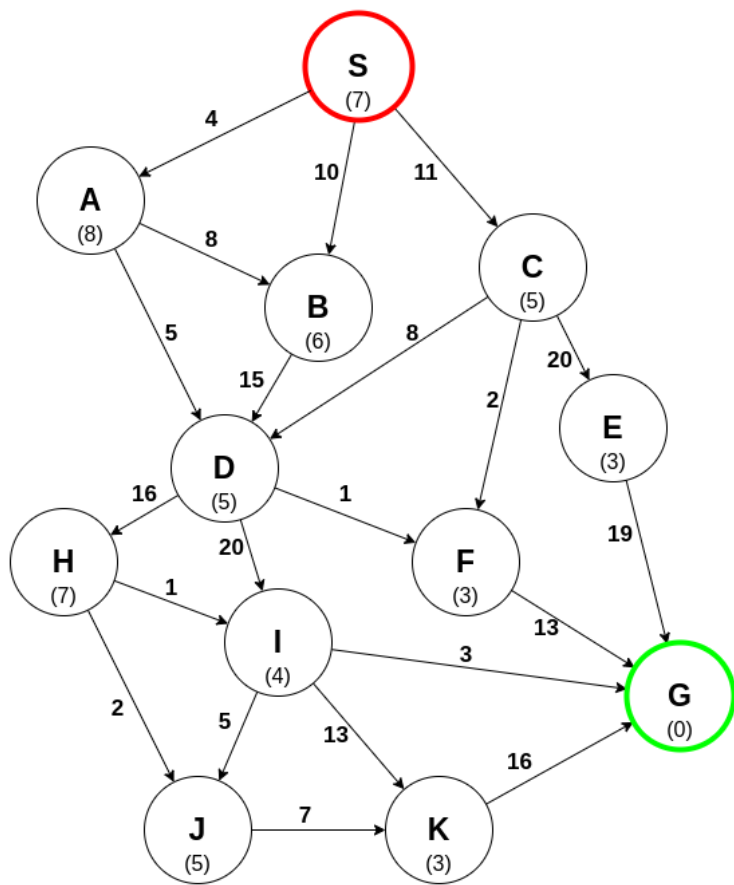
Open	Close
S	
A B C	S

$$\begin{aligned} F(A) &= 4 + 8 = 12 & F(B) &= 6 + 10 = 16 \\ F(C) &= 11 + 5 = 16 \end{aligned}$$

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



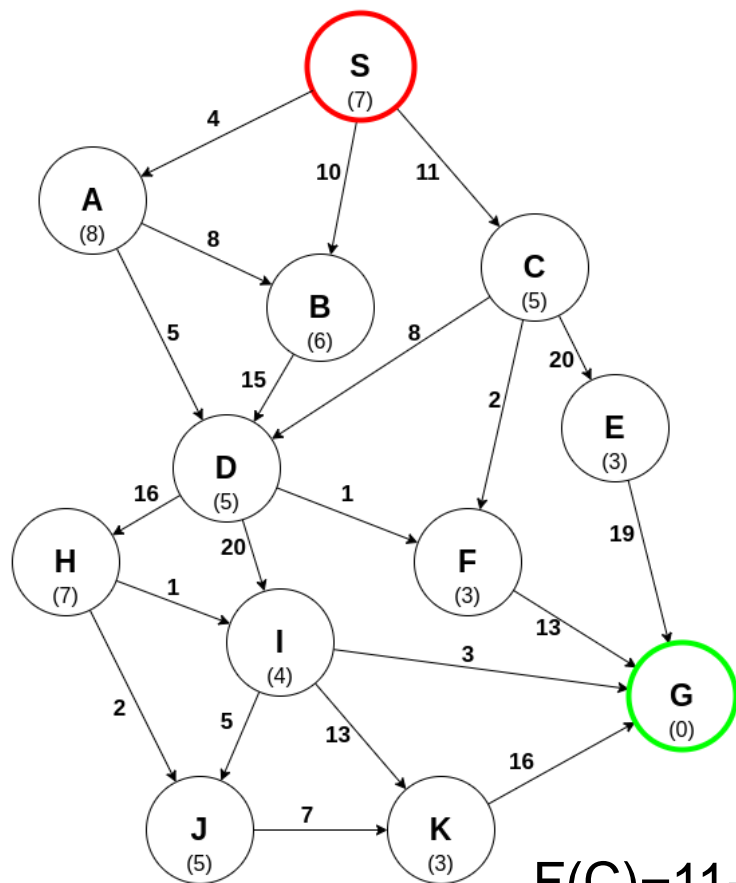
Open	Close
S	
A B C	S
B C D	S A

$$\begin{aligned} F(B) &= 6 + 10 = 16 & F(C) &= 11 + 5 = 16 \\ F(D) &= 5 + 9 = 14 \end{aligned}$$

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



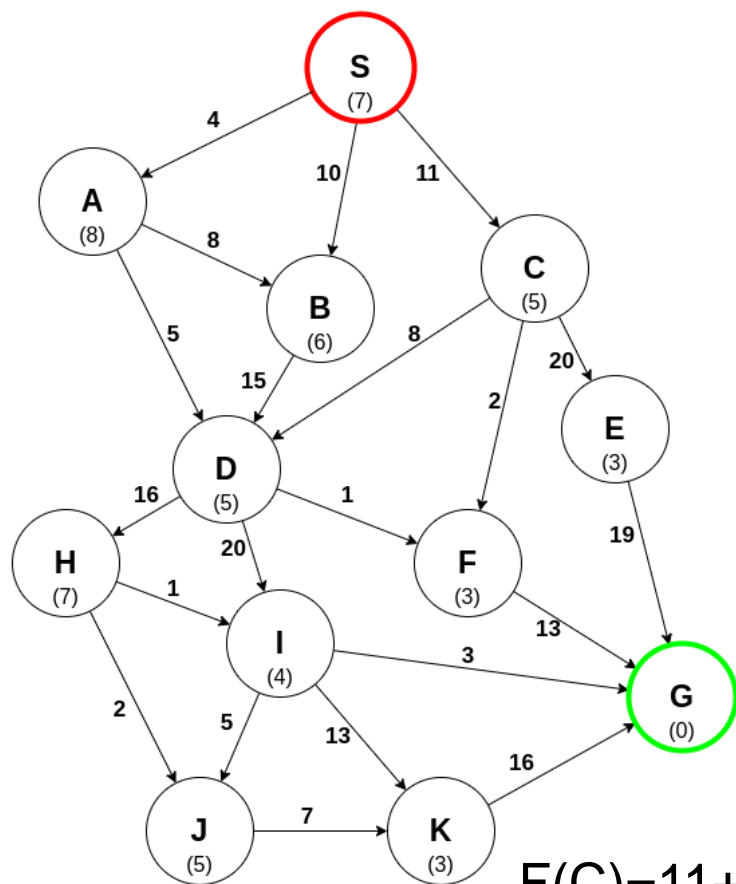
Open	Close
S	
A B C	S
B C D	S A
B C H I F	S A D

$$\begin{aligned} F(B) &= 6 + 10 = 16 & F(H) &= 4 + 5 + 16 + 7 = 32 \\ F(C) &= 11 + 5 = 16 & F(I) &= 4 + 5 + 4 + 20 = 33 & F(F) &= 4 + 5 + 1 + 3 = 13 \end{aligned}$$

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



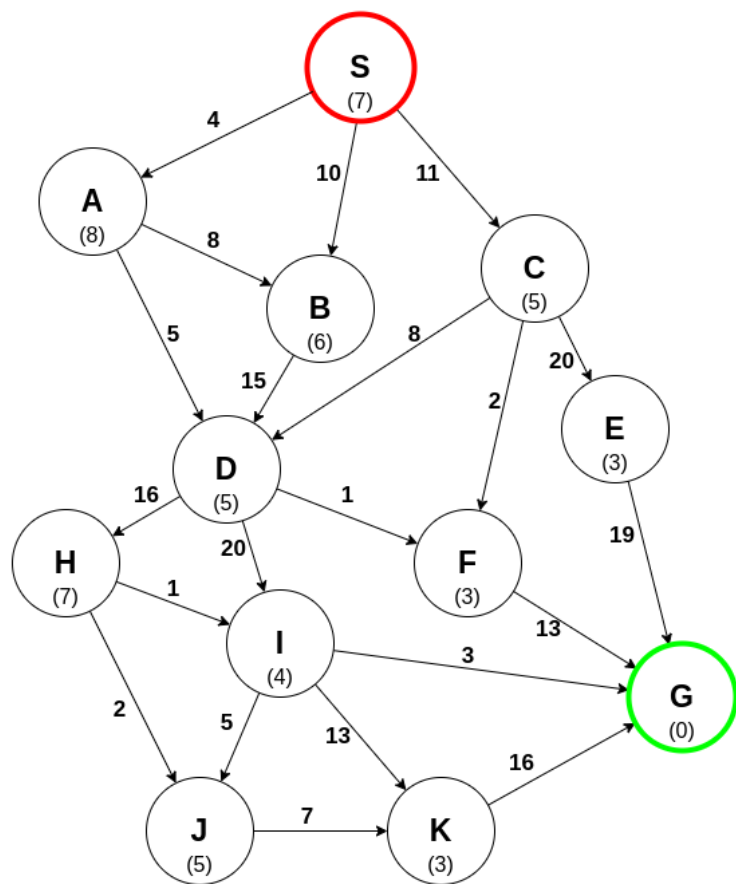
Open	Close
S	
A B C	S
B C D	S A
B C H I F	S A D
B C H I G	S A D F

$$\begin{aligned} F(B) &= 6 + 10 = 16 & F(H) &= 4 + 5 + 16 + 7 = 32 \\ F(C) &= 11 + 5 = 16 & F(I) &= 4 + 5 + 4 + 20 = 33 \\ F(G) &= 4 + 5 + 1 + 13 = 23 \end{aligned}$$

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



Open	Close
S	
A B C	S
B C D	S A
B C H I F	S A D
B C H I G	S A D F
C H I G	S A D F B

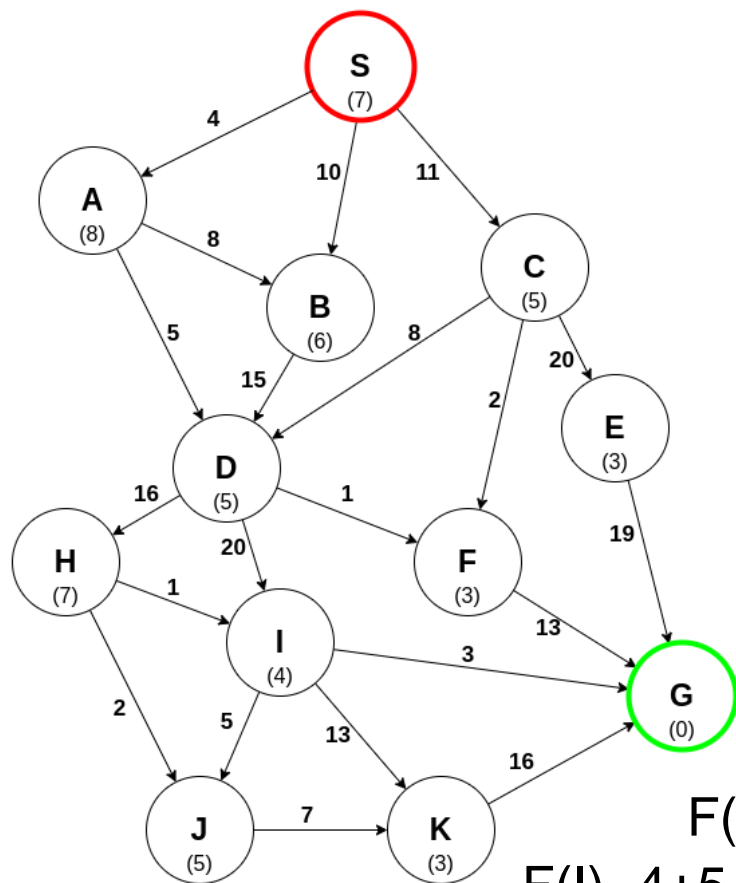
$$F(C)=11+5=16 \quad F(H)=4+5+16+7=32$$

$$F(I)=4+5+4+20=33 \quad F(G)=4+5+1+13=23$$

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



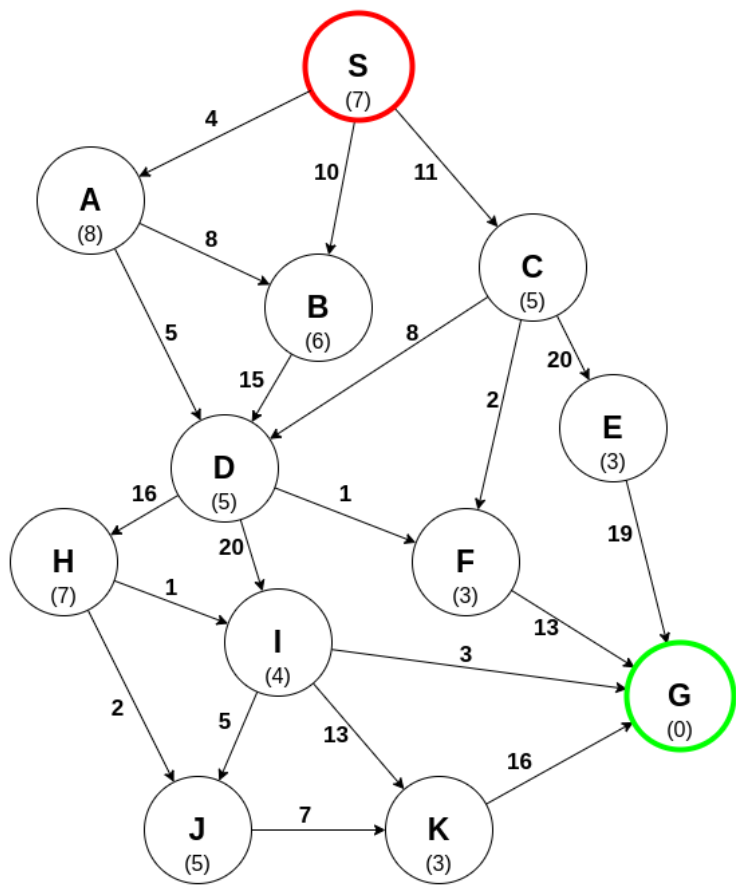
Open	Close
S	
A B C	S
B C D	S A
B C H I F	S A D
B C H I G	S A D F
C H I G	S A D F B
H I G E	S A D F B C

$$\begin{aligned} F(H) &= 4 + 5 + 16 + 7 = 32 & F(E) &= 11 + 20 + 3 = 33 \\ F(I) &= 4 + 5 + 4 + 20 = 33 & F(G) &= 4 + 5 + 1 + 13 = 23 \end{aligned}$$

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。

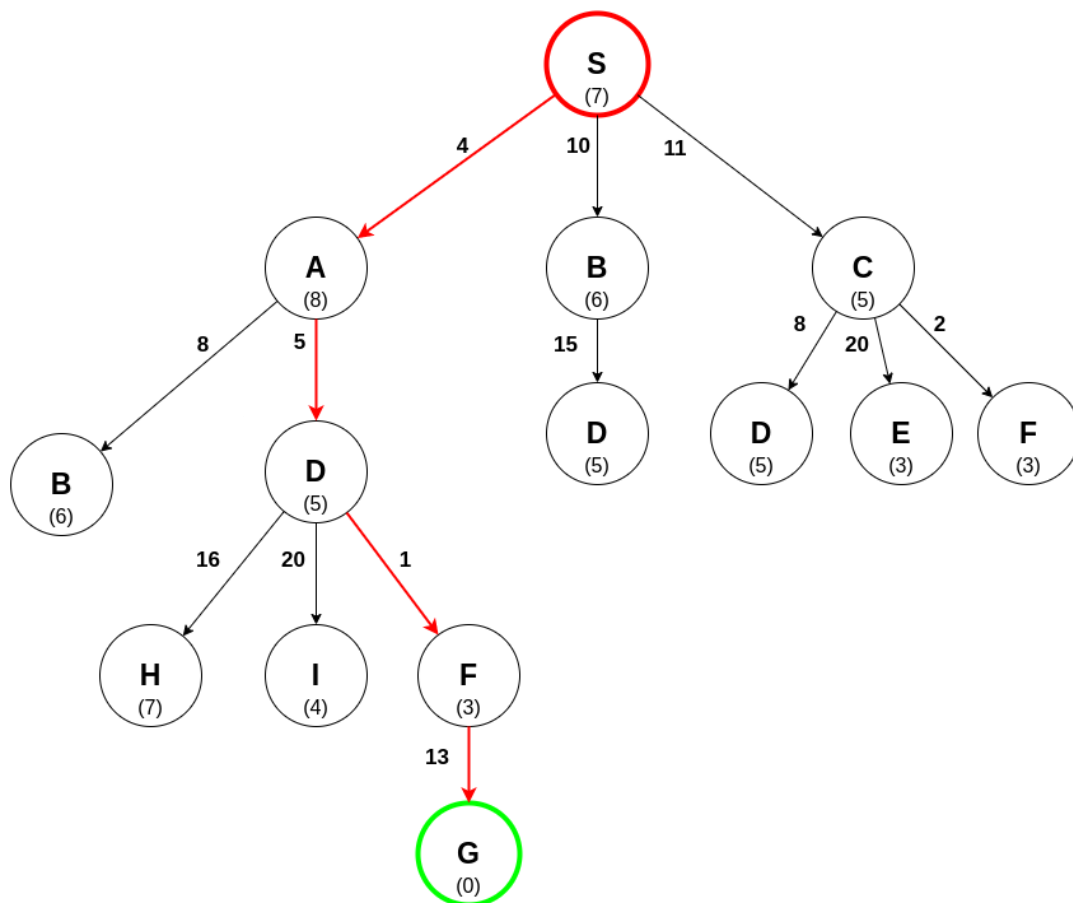


Open	Close
S	
A B C	S
B C D	S A
B C H I F	S A D
B C H I G	S A D F
C H I G	S A D F B
H I G E	S A D F B C
H I E	S A D F B C G

第二次作业



1.1用A*搜索算法求解图中所示的最短路径，其中S表示初始节点，G表示目标节点。相邻节点之间的代价用边上的数字表示，在每个节点中括号里的数字表示此节点到目标节点的代价。



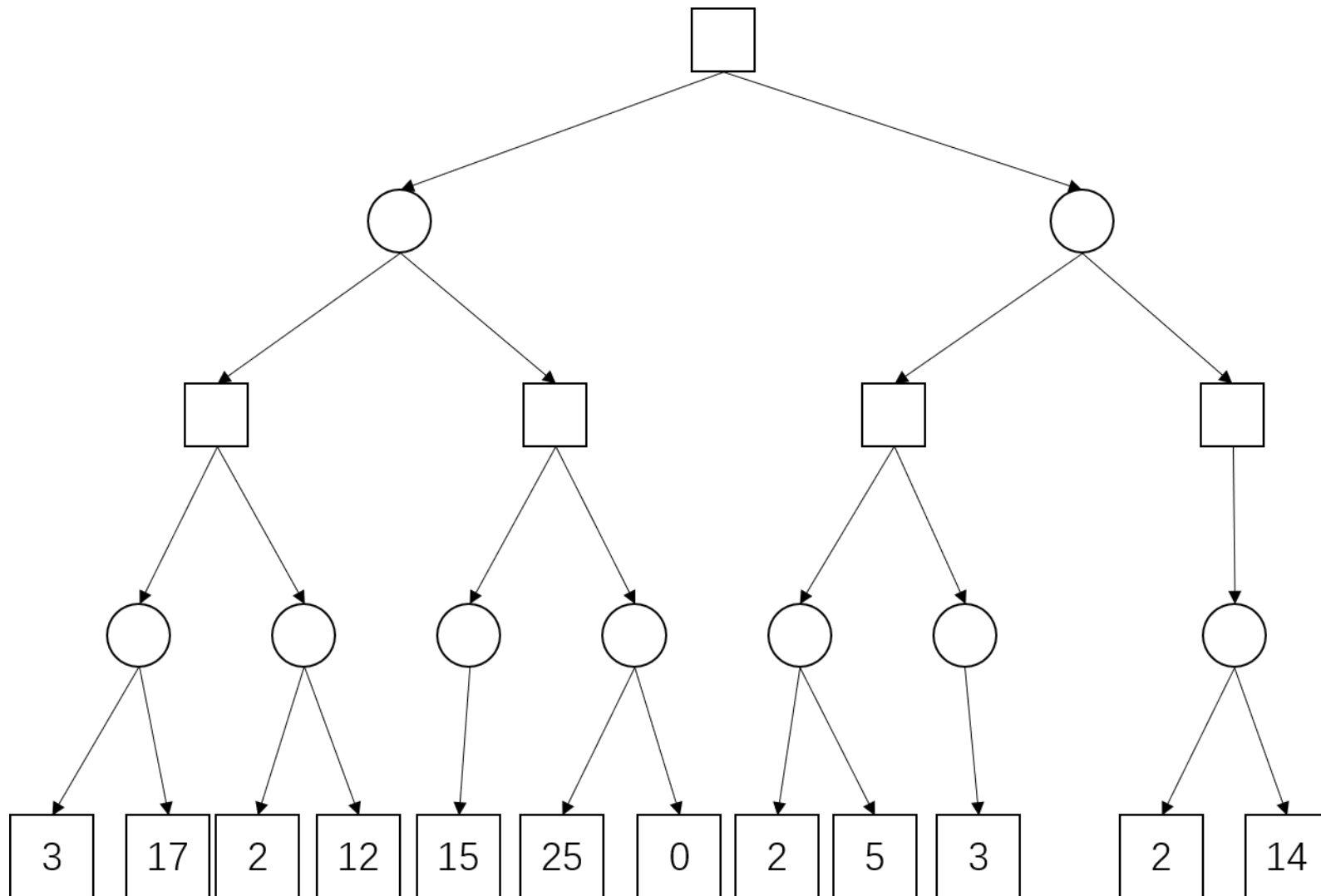
Node[cost]
I[33]
H[32]
E[36]

Closed List
S
A
D
F
B
C
G

第二次作业



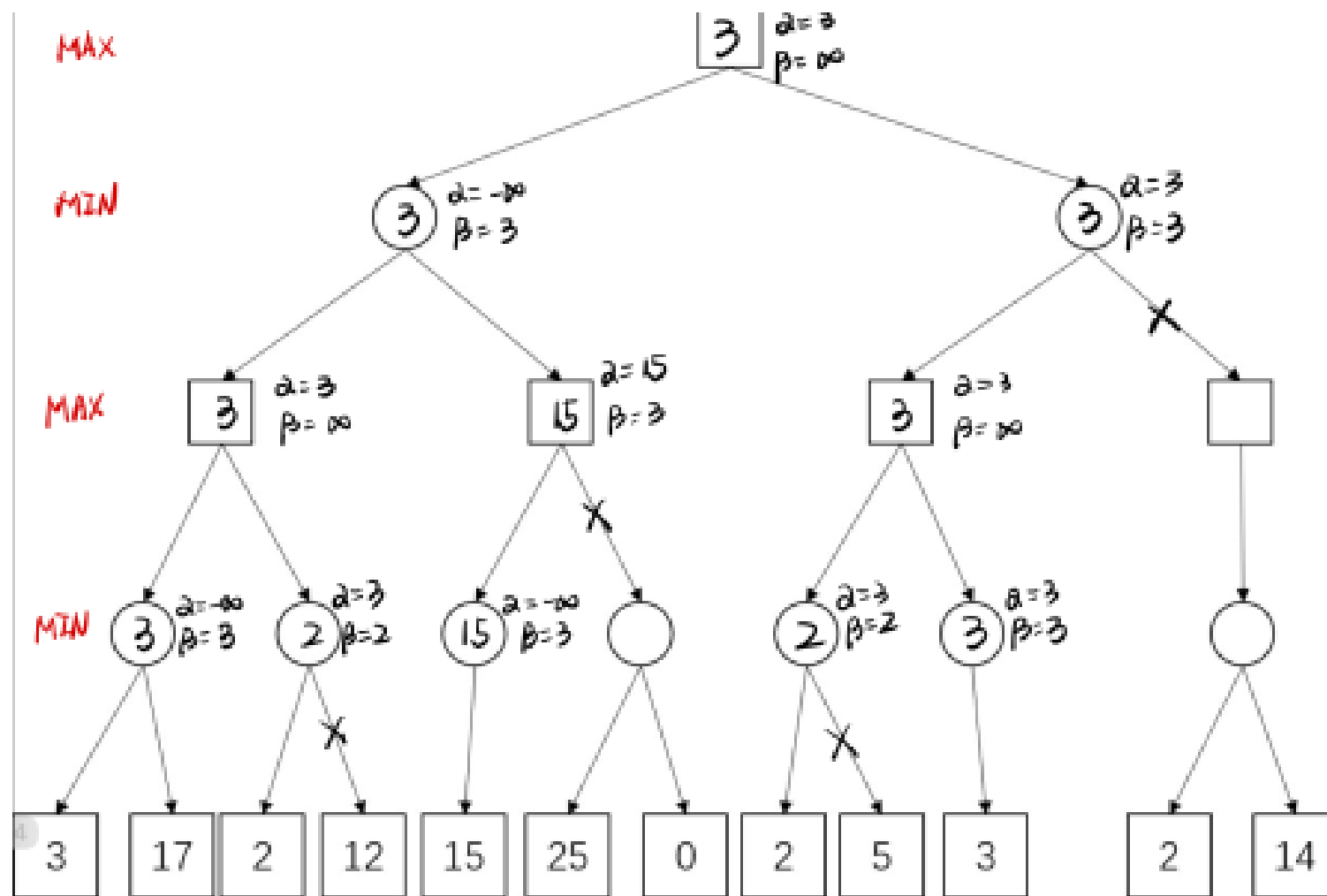
1.2在图中所示的博弈树中，进行 $\alpha - \beta$ 剪枝搜索，写出算法过程。



第二次作业



1.2在图中所示的博弈树中，进行 $\alpha - \beta$ 剪枝搜索，写出算法过程。

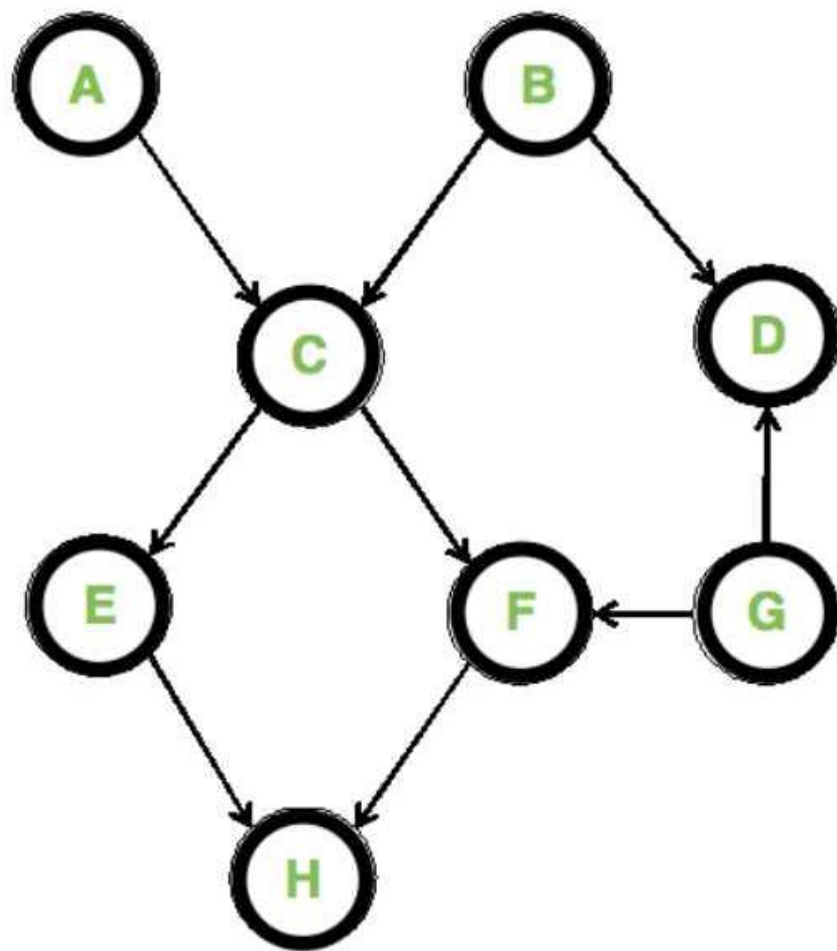


第二次作业



1.3 给定图中所示的贝叶斯网络，回答下述问题：

- (1) 给定 C, A 和 B 是否独立的?
- (2) A 和 H 是否条件独立的?
- (3) 给定 E, A 和 H 是否独立的?
- (4) 给定 H, E 和 F 是否独立的?
- (5) 给定 C, E 和 F 是否独立的?
- (6) 给定 C 和 D, E 和 F 是否独立的?
- (7) 给定 C 和 H, A 和 F 是否独立的?
- (8) 给定 C 和 D, A 和 F 是否独立的?
- (9) 给定 C 和 G, A 和 F 是否独立的?
- (10) 给定 C, A 和 F 是否独立的?
- (11) 给定 H, C 和 G 是否独立的?



第二次作业



1.3 给定图中所示的贝叶斯网络，回答下述问题：

(1) 给定 C, A 和 B 是否独立的? (F)

head to head, 给定C, 不独立

(2) A 和 H 是否条件独立的? (F)

路径ACFH未被阻断

(3) 给定 E, A 和 H 是否独立的? (F)

路径ACFH未被阻断

(4) 给定 H, E 和 F 是否独立的? (F)

head to head, 给定H, 不独立

(5) 给定 C, E 和 F 是否独立的? (T)

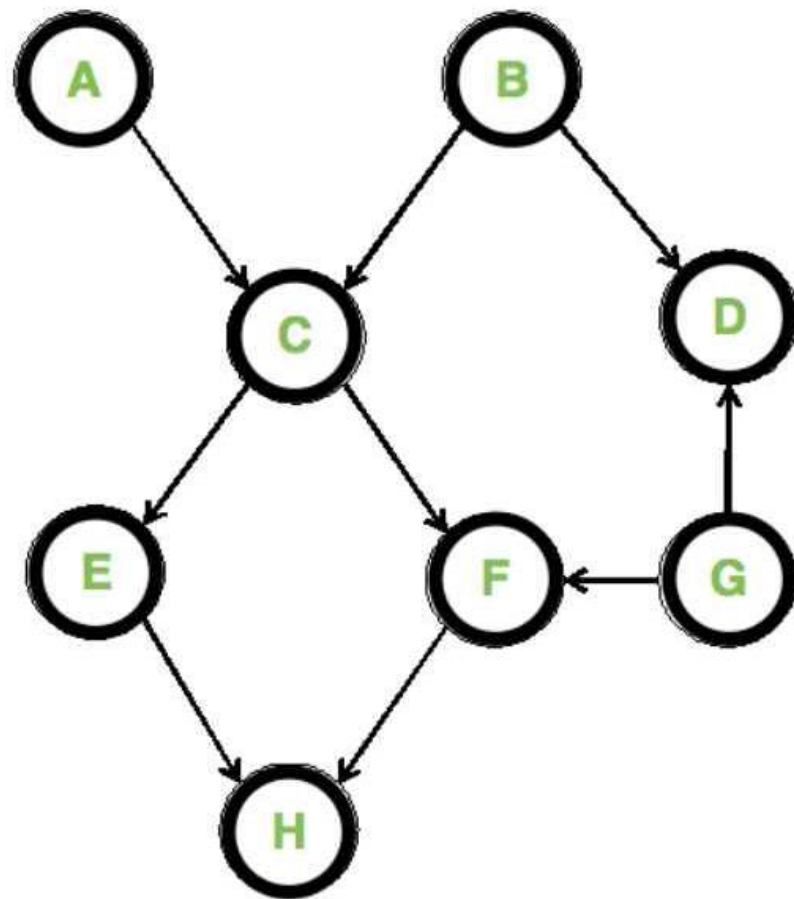
tail to tail, 给定C, 独立

(6) 给定 C 和 D, E 和 F 是否独立的? (T)

因为没有给定H, 所以EHF被H阻断

因为给定C, 所以ECF被C阻断

因为给定C, 所以ECBDGF被CD阻断



第二次作业



1.3 给定图中所示的贝叶斯网络，回答下述问题：

(7) 给定 C 和 H, A 和 F 是否独立的? (T)

因为给定 C, 所以 ACF 被 C 阻断

因为给定 C, 所以 ACEHF 被 C 阻断

因为未给定 D, 所以 ACBDGF 被 CD 阻断

(8) 给定 C 和 D, A 和 F 是否独立的? (F)

ACBDGF 未被阻断

(9) 给定 C 和 G, A 和 F 是否独立的? (T)

因为给定 C, 所以 ACF、ACEHF 被 C 阻断

因为给定 G, 所以 ACBDGF 被 CG 阻断

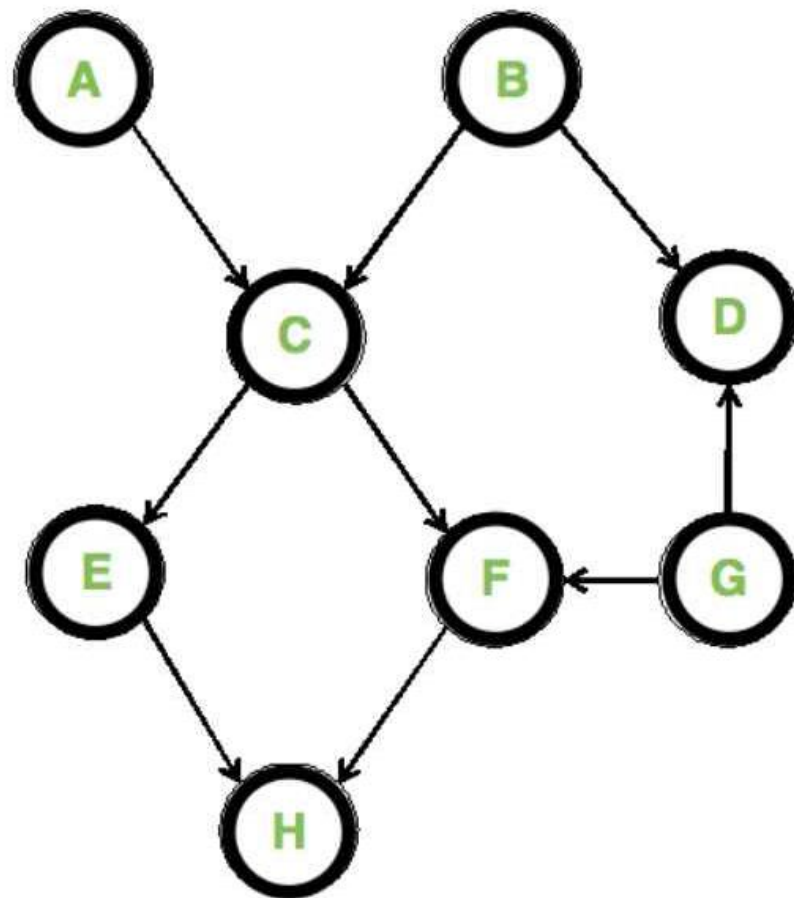
(10) 给定 C, A 和 F 是否独立的? (T)

因为给定 C, 所以 ACF、ACEHF 被 C 阻断

因为未给定 D, 所以 ACBDGF 被 D 阻断

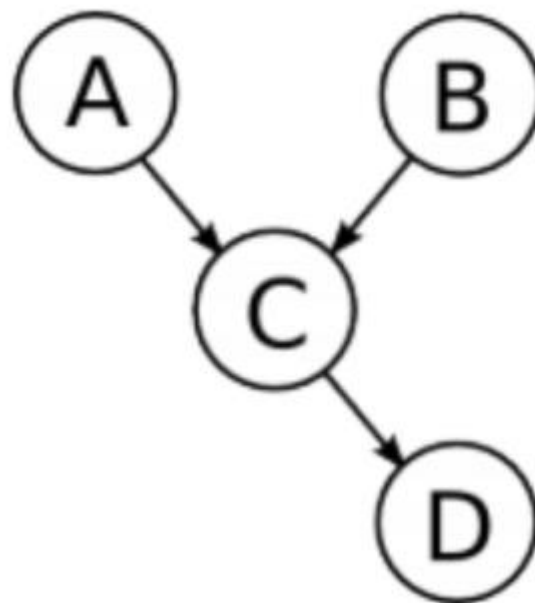
(11) 给定 H, C 和 G 是否独立的? (F)

CEHFG 未被阻断



1.4利用四个变量 {A,B,C,D} 创建一个贝叶斯网络，并满足以下条件：

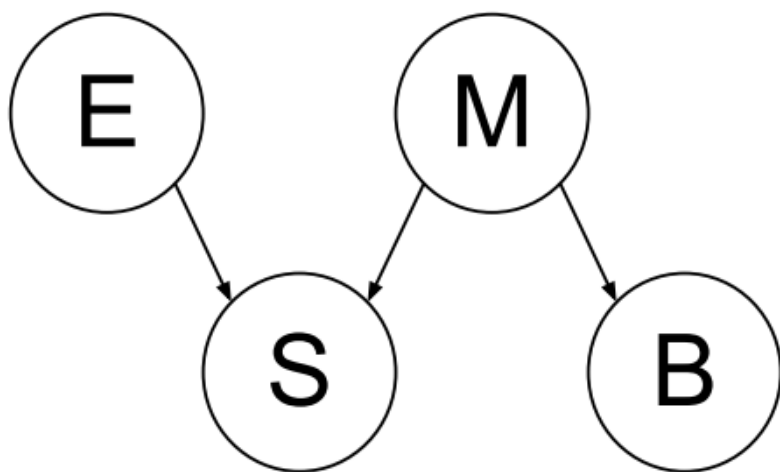
- $A \perp\!\!\!\perp B$
- $A \not\perp\!\!\!\perp D \mid B$
- $A \perp\!\!\!\perp D \mid C$
- $A \not\perp\!\!\!\perp C$
- $B \not\perp\!\!\!\perp C$
- $A \not\perp\!\!\!\perp B \mid D$
- $B \perp\!\!\!\perp D \mid A, C$



第二次作业



1.5假设，空气中弥漫着硫磺（S）的气味既可能是鸡蛋（E）发臭所散发的，也可能是玛雅启示（M）引发的厄运征兆，且玛雅启示还会导致海洋沸腾（B）。对应的贝叶斯网络和部分条件概率分布如图所示。



E	P(E)
T	0.4
F	0.6

M	P(M)
T	0.1
F	0.9

M	B	P(B M)
T	T	1.0
T	F	0.0
F	T	0.1
F	F	0.9

E	M	S	P(S E,M)
T	T	T	1.0
T	T	F	0.0
T	F	T	0.8
T	F	F	0.2
F	T	T	0.3
F	T	F	0.7
F	F	T	0.1
F	F	F	0.9

1.5假设，空气中弥漫着硫磺（S）的气味既可能是鸡蛋（E）发臭所散发的，也可能是玛雅启示（M）引发的厄运征兆，且玛雅启示还会导致海洋沸腾（B）。对应的贝叶斯网络和部分条件概率分布如图所示。

- (1) 计算联合概率分布 $P(E=F, S=F, M=F, B=F)$ 。
- (2) 海洋沸腾的概率是多少？
- (3) 假设海洋正在沸腾，那么玛雅启示发生的概率是多少？
- (4) 假设空气中有硫磺的气味、海洋正在沸腾、鸡蛋已经发臭，那么玛雅启示发生的概率是多少？
- (5) 假设玛雅启示正在发生，那么鸡蛋发臭的概率是多少？

1.5假设，空气中弥漫着硫磺（S）的气味既可能是鸡蛋（E）发臭所散发
的，也可能是玛雅启示（M）引发的厄运征兆，且玛雅启示还会导致海洋
沸腾（B）。对应的贝叶斯网络和部分条件概率分布如图所示。

(1) 计算联合概率分布 $P(E=F, S=F, M=F, B=F)$ 。

$$\begin{aligned} &P(E=F, S=F, M=F, B=F) \\ &= P(E=F)P(M=F)P(S=F|E=F, M=F)P(B=F|M=F) \\ &= 0.6 * 0.9 * 0.9 * 0.9 = 0.4374 \end{aligned}$$

(2) 海洋沸腾的概率是多少？

$$P(B=T) = P(B=T|M=T)P(M=T) + P(B=T|M=F)P(M=F) = 1.0 * 0.1 + 0.1 * 0.9 = 0.19$$

(3) 假设海洋正在沸腾，那么玛雅启示发生的概率是多少？

$$P(M = T | B = T) = P(B = T | M = T)P(M = T) / P(B = T) = 1.0 * 0.1 / 0.19 \approx 0.5263$$

1.5假设，空气中弥漫着硫磺（S）的气味既可能是鸡蛋（E）发臭所散发
的，也可能是玛雅启示（M）引发的厄运征兆，且玛雅启示还会导致海洋
沸腾（B）。对应的贝叶斯网络和部分条件概率分布如图所示。

(4) 假设空气中有硫磺的气味、海洋正在沸腾、鸡蛋已经发臭，那么玛雅
启示发生的概率是多少？

$$\begin{aligned} &P(M = T \mid S = T, B = T, E = T) \\ &= P(M = T, S = T, B = T, E = T) / \left(\sum_M P(M, S = T, B = T, E = T) \right) \\ &= P(E = T)P(M = T)P(S = T \mid E = T, M = T)P(B = T \mid M = T) / \left(\sum_M P(E = T)P(M)P(S = T \mid E = T, M)P(B = T \mid M) \right) \\ &= (0.4 * 0.1 * 1.0 * 1.0) / (0.4 * 0.1 * 1.0 * 1.0 + 0.4 * 0.9 * 0.8 * 0.1) \approx 0.5814 \end{aligned}$$

(5) 假设玛雅启示正在发生，那么鸡蛋发臭的概率是多少？

$$P(E=T|M=T)=P(E=T)=0.4$$



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

作业 讲解

1 第一次作业

2 第二次作业

3 第三次作业

1.1 设训练集如下表所示，请用 ID3 算法完成其学习过程。

序号	属性		分类
	x1	x2	
1	T	T	+
2	T	T	+
3	T	F	-
4	F	F	+
5	F	T	-
6	F	T	-

1.1 设训练集如下表所示，请用 ID3 算法完成其学习过程。

答：

样本集： $S=\{1,2,3,4,5,6\}$ ； 属性集： $x=\{x_1,x_2\}$ ； $p(+)=1/2$, $p(-)=1/2$ 。

根节点信息熵： $E(s, x) = -\frac{1}{2} \log_2(\frac{1}{2})$

对于属性 x_1

$$x_1 = T, s_1 = 1, 2, 3, p_{s_1}(+) = \frac{2}{3}, p_{s_1}(-) = \frac{1}{3}$$

$$x_1 = F, s_2 = 4, 5, 6, p_{s_2}(+) = \frac{1}{3}, p_{s_2}(-) = \frac{2}{3}$$

$$E(s_1, x_1) = -p_{s_1}(+) \log_2(p_{s_1}(+)) - p_{s_1}(-) \log_2(p_{s_1}(-)) = 0.92$$

$$E(s_2, x_1) = -p_{s_2}(+) \log_2(p_{s_2}(+)) - p_{s_2}(-) \log_2(p_{s_2}(-)) = 0.92$$

$$E((s, x), x_1) = \frac{s_1}{s} \times E(s_1, x_1) + \frac{s_2}{s} \times E(s_2, x_1) = 0.92$$

同理可得 $E((s, x), x_2) = 1$

1.1 设训练集如下表所示，请用 ID3 算法完成其学习过程。

答：

信息增益：

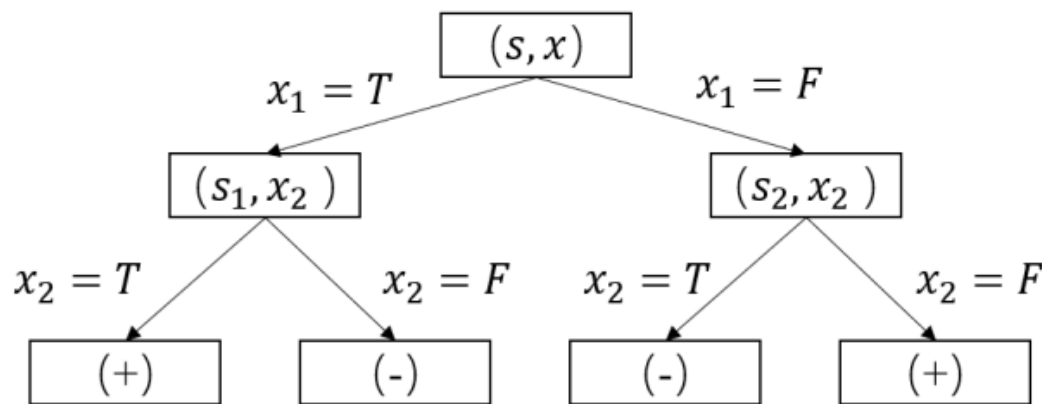
$$G((s,x),x_1)=E(s,x)-E((s,x),x_1)=0.08$$

$$G((s,x),x_2)=E(s,x)-E((s,x),x_2)=0.0$$

由于 x_1 的信息增益更大，扩展 x_1 节点。

扩展 x_1 属性后，属性集仅剩 x_2 ，故可以直接扩展。

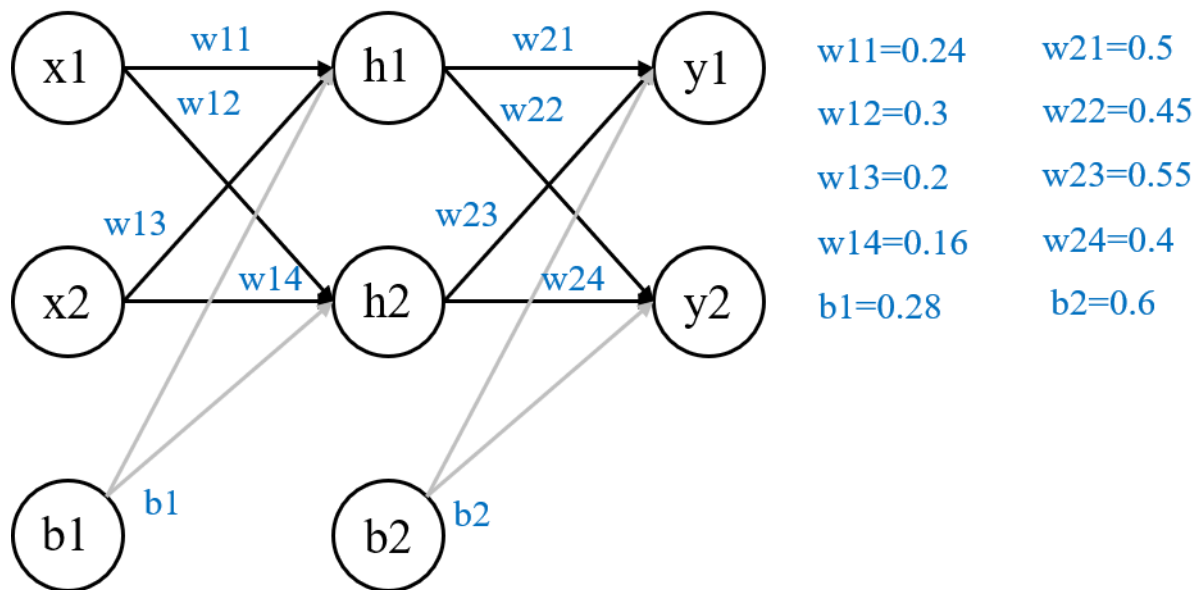
最终决策树如图所示：



第三次作业



1.2 如图所示多层感知机模型，第一层是输入层，包含两个神经元： $x_1=0.08$, $x_2=0.12$ 和偏置 b_1 ；第二层是隐藏层，包含两个神经元： h_1 , h_2 和偏置项 b_2 ；第三层是输出： y_1 , y_2 。每条线上标的 $w_{i,j}$ 是第 i 层第 j 个权重参数，激活函数是 sigmoid 函数（h 神经元之后），Loss 函数使用 MSE（均方误差）函数，真实标签 $Label_1=0.05$, $Label_2=0.95$ ，学习率 $\alpha=0.5$ ，求在经过一次反向传播后所有权重参数和偏置项参数的值（写出计算过程，最后结果保留四位小数）。



第三次作业



答：设 $\text{sig}(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ ，根据已知条件可求得：

$$\begin{aligned}h_1 &= x_1 \cdot w_{11} + x_2 \cdot w_{13} + b_1 \\&= 0.08 \times 0.24 + 0.12 \times 0.2 + 0.28 \\&= 0.0192 + 0.024 + 0.28 \\&= 0.3232\end{aligned}$$

$$\text{sig}(h_1) = \frac{1}{1 + e^{-h_1}} \approx 0.58$$

$$\begin{aligned}h_2 &= x_1 \cdot w_{12} + x_2 \cdot w_{14} + b_1 \\&= 0.08 \times 0.3 + 0.12 \times 0.16 + 0.28 \\&= 0.024 + 0.0192 + 0.28 \\&= 0.3232\end{aligned}$$

$$\text{sig}(h_2) = \frac{1}{1 + e^{-h_2}} \approx 0.58$$

$$\begin{aligned} y_1 &= \text{sig}(h_1) \cdot w_{21} + \text{sig}(h_2) \cdot w_{23} + b_2 \\ &= 0.58 \times 0.5 + 0.58 \times 0.55 + 0.6 \\ &= 0.29 + 0.319 + 0.6 \\ &= 1.209 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= \text{sig}(h_1) \cdot w_{22} + \text{sig}(h_2) \cdot w_{24} + b_2 \\ &= 0.58 \times 0.45 + 0.58 \times 0.4 + 0.6 \\ &= 0.493 + 0.6 \\ &= 1.093 \end{aligned}$$

第三次作业



又因为

$$\text{sig}'(x) = \frac{e^{-x}}{(1 + e^{-x})^2}$$

可求得

$$\text{sig}'(h_1) = \frac{e^{-h_1}}{(1 + e^{-h_1})^2} \approx 0.2435$$

$$\text{sig}'(h_2) = \frac{e^{-h_2}}{(1 + e^{-h_2})^2} \approx 0.2435$$

Loss为

$$\text{Loss}_1 = \frac{1}{2}(y_1 - \text{Label}_1)^2 = \frac{1}{2}(y_1^2 - 2y_1\text{Label}_1 + \text{Label}_1^2)$$

$$\text{Loss}_2 = \frac{1}{2}(y_2 - \text{Label}_2)^2 = \frac{1}{2}(y_2^2 - 2y_2\text{Label}_2 + \text{Label}_2^2)$$

$$\text{Loss} = \text{Loss}_1 + \text{Loss}_2$$

因此可用Loss对每一个参数求偏导：

$$\frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} = y_1 - Label_1$$

$$\frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} = y_2 - Label_2$$

$$y_1 - Label_1 = 1.209 - 0.05 = 1.159$$

$$y_2 - Label_2 = 1.093 - 0.95 = 0.143$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss_1}{\partial w_{21}} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial w_{21}} \\ &= (y_1 - Label_1) \cdot sig(h_1) \\ &= 1.159 \times 0.58 \\ &= 0.672\end{aligned}$$

第三次作业



$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss_1}{\partial w_{23}} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial w_{23}} \\ &= (y_1 - Label_1) \cdot sig(h_2) \\ &= 1.159 \times 0.58 \\ &= 0.672\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss_2}{\partial w_{24}} &= \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial w_{24}} \\ &= (y_2 - Label_2) \cdot sig(h_1) \\ &= 0.143 \times 0.58 \\ &= 0.083\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss_2}{\partial w_{22}} &= \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial w_{22}} \\ &= (y_2 - Label_2) \cdot sig(h_1) \\ &= 0.143 \times 0.58 \\ &= 0.083\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss}{\partial b_2} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial b_2} + \frac{\partial Loss_2}{\partial b_2} \\ &= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial b_2} + \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial b_2} \\ &= (y_1 - Label_1) + (y_2 - Label_2) \\ &= 1.159 + 0.143 \\ &= 1.302\end{aligned}$$

第三次作业



$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss}{\partial w_{11}} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial w_{11}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial w_{11}} \\&= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial sig(h_1)} \cdot sig'(h_1) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial w_{11}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial sig(h_1)} \cdot sig'(h_1) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial w_{11}} \\&= (y_1 - Label_1) \cdot w_{21} \cdot sig'(h_1) \cdot x_1 + (y_2 - Label_2) \cdot w_{22} \cdot sig'(h_1) \cdot x_1 \\&= [(y_1 - Label_1) \cdot w_{21} + (y_2 - Label_2) \cdot w_{22}] \cdot sig'(h_1) \cdot x_1 \\&= (1.159 \times 0.5 + 0.143 \times 0.45) \times 0.2435 \times 0.08 \\&= 0.0125\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss}{\partial w_{12}} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial w_{12}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial w_{12}} \\&= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial sig(h_2)} \cdot sig'(h_2) \cdot \frac{\partial h_2}{\partial w_{12}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial sig(h_2)} \cdot sig'(h_2) \cdot \frac{\partial h_2}{\partial w_{12}} \\&= [(y_1 - Label_1) \cdot w_{23} + (y_2 - Label_2) \cdot w_{24}] \cdot sig'(h_2) \cdot x_1 \\&= (1.159 \times 0.55 + 0.143 \times 0.4) \times 0.2435 \times 0.08 \\&= 0.0135\end{aligned}$$

第三次作业



$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss}{\partial w_{13}} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial w_{13}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial w_{13}} \\&= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial sig(h_1)} \cdot sig'(h_1) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial w_{13}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial sig(h_1)} \cdot sig'(h_1) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial w_{13}} \\&= [(y_1 - Label_1) \cdot w_{21} + (y_2 - Label_2) \cdot w_{22}] \cdot sig'(h_1) \cdot x_2 \\&= (1.159 \times 0.5 + 0.143 \times 0.45) \times 0.2435 \times 0.12 \\&= 0.0188\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss}{\partial w_{14}} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial w_{14}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial w_{14}} \\&= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial sig(h_2)} \cdot sig'(h_2) \cdot \frac{\partial h_2}{\partial w_{14}} + \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \frac{\partial y_2}{\partial sig(h_2)} \cdot sig'(h_2) \cdot \frac{\partial h_2}{\partial w_{14}} \\&= [(y_1 - Label_1) \cdot w_{23} + (y_2 - Label_2) \cdot w_{24}] \cdot sig'(h_2) \cdot x_2 \\&= (1.159 \times 0.55 + 0.143 \times 0.4) \times 0.2435 \times 0.12 \\&= 0.0202\end{aligned}$$

第三次作业



$$\begin{aligned}\frac{\partial Loss}{\partial b_1} &= \frac{\partial Loss_1}{\partial b_1} + \frac{\partial Loss_2}{\partial b_1} \\&= \frac{\partial Loss_1}{\partial y_1} \cdot \left[\frac{\partial y_1}{\partial sig(h_1)} \cdot sig'(h_1) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial b_1} + \frac{\partial y_1}{\partial sig(h_2)} \cdot sig'(h_2) \cdot \frac{\partial h_2}{\partial b_1} \right] \\&\quad + \frac{\partial Loss_2}{\partial y_2} \cdot \left[\frac{\partial y_2}{\partial sig(h_1)} \cdot sig'(h_1) \cdot \frac{\partial h_1}{\partial b_1} + \frac{\partial y_2}{\partial sig(h_2)} \cdot sig'(h_2) \cdot \frac{\partial h_2}{\partial b_1} \right] \\&= (y_1 - Label_1) \cdot [w_{21} \cdot sig'(h_1) + w_{23} \cdot sig'(h_2)] + (y_2 - Label_2) \cdot [w_{22} \cdot sig'(h_1) + w_{24} \cdot sig'(h_2)] \\&= 1.159 \times (0.5 \times 0.2435 + 0.55 \times 0.2435) + 0.143 \times (0.45 \times 0.2435 + 0.4 \times 0.2435) \\&= 0.326\end{aligned}$$

第三次作业



根据公式

$$w = w - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial w}$$

可得

$$w_{21}^+ = w_{21} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss_1}{\partial w_{21}} = 0.5 - 0.5 \times 0.672 = 0.164$$

$$w_{23}^+ = w_{23} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss_1}{\partial w_{23}} = 0.55 - 0.5 \times 0.672 = 0.214$$

$$w_{22}^+ = w_{22} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss_2}{\partial w_{22}} = 0.45 - 0.5 \times 0.083 = 0.4085$$

$$w_{24}^+ = w_{24} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss_2}{\partial w_{24}} = 0.4 - 0.5 \times 0.083 = 0.3585$$

$$b_2^+ = b_2 - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial b_2} = 0.6 - 0.5 \times 1.302 = -0.051$$

第三次作业



$$w_{11}^+ = w_{11} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial w_{11}} = 0.24 - 0.5 \times 0.0125 = 0.23375$$

$$w_{12}^+ = w_{12} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial w_{12}} = 0.3 - 0.5 \times 0.0135 = 0.29325$$

$$w_{13}^+ = w_{13} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial w_{13}} = 0.2 - 0.5 \times 0.0188 = 0.1906$$

$$w_{14}^+ = w_{14} - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial w_{14}} = 0.16 - 0.5 \times 0.0202 = 0.1499$$

$$b_1^+ = b_1 - \alpha \cdot \frac{\partial Loss}{\partial b_1} = 0.28 - 0.5 \times 0.326 = 0.117$$

综上所述，更新后的参数为：

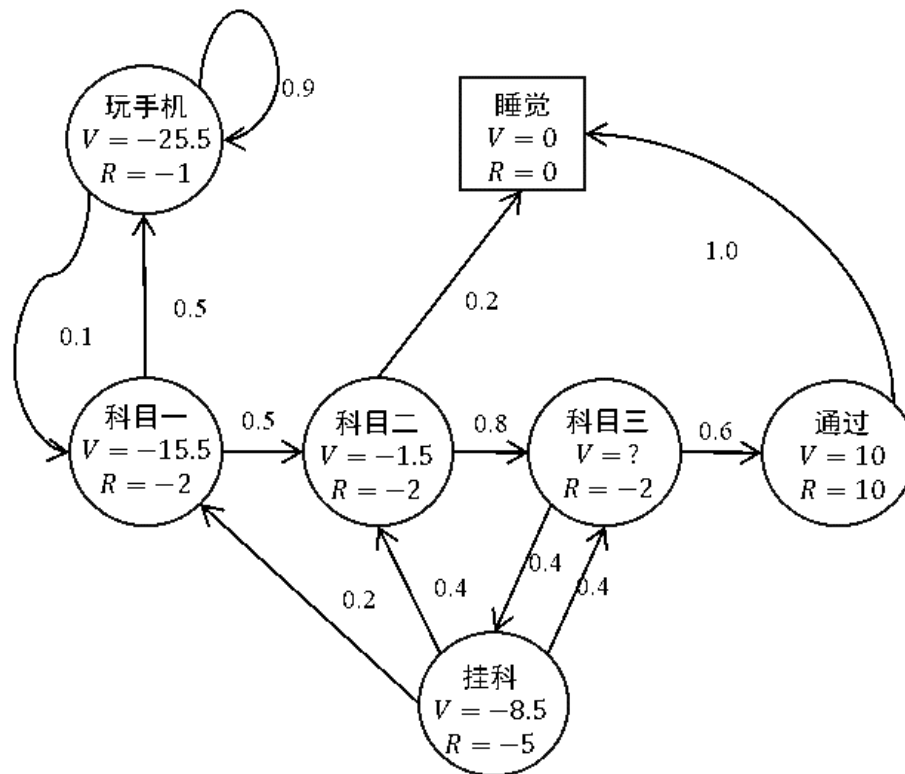
$$w_{11} = 0.2338 \quad w_{12} = 0.2933 \quad w_{13} = 0.1906 \quad w_{14} = 0.1499 \quad b_1 = 0.117$$

$$w_{21} = 0.164 \quad w_{22} = 0.4085 \quad w_{23} = 0.214 \quad w_{24} = 0.3585 \quad b_2 = -0.051$$

第三次作业



1.3考虑如下图所示 MDP：一个学生需要学习三个科目，然后通过测验；不过也有可能只学完两个科目之后直接睡觉，或者在学习时玩手机；一旦挂科，有可能需要重新学习某些科目。其中，椭圆表示普通状态，每一条线上的数字表示从一个状态跳转到另一个状态的概率， R 代表奖励，方块表示终止（terminal）状态。



(1) 给定折扣因子 $\gamma = 0.5$, 计算轨迹 “科目一, 科目二, 科目三, 通过, 睡觉” 以及轨迹 “科目一, 玩手机, 玩手机, 科目一, 科目二, 睡觉” 的回报值。

$$G_1 = (-2) + 0.5 \times (-2) + 0.5^2 \times (-2) + 0.5^3 \times 10 + 0.5^4 \times 0 = -2.25$$

$$G_2 = (-2) + 0.5 \times (-1) + 0.5^2 \times (-1) + 0.5^3 \times (-2) + 0.5^4 \times (-2) + 0.5^5 \times 0 = -3.125$$

(2) 给定折扣因子 $\gamma = 1$, 求所处状态 “科目三” 的 V 值。

$$V = -2 + 0.6 \times 10 + 0.4 \times (-8.5) = 0.6$$



Thanks