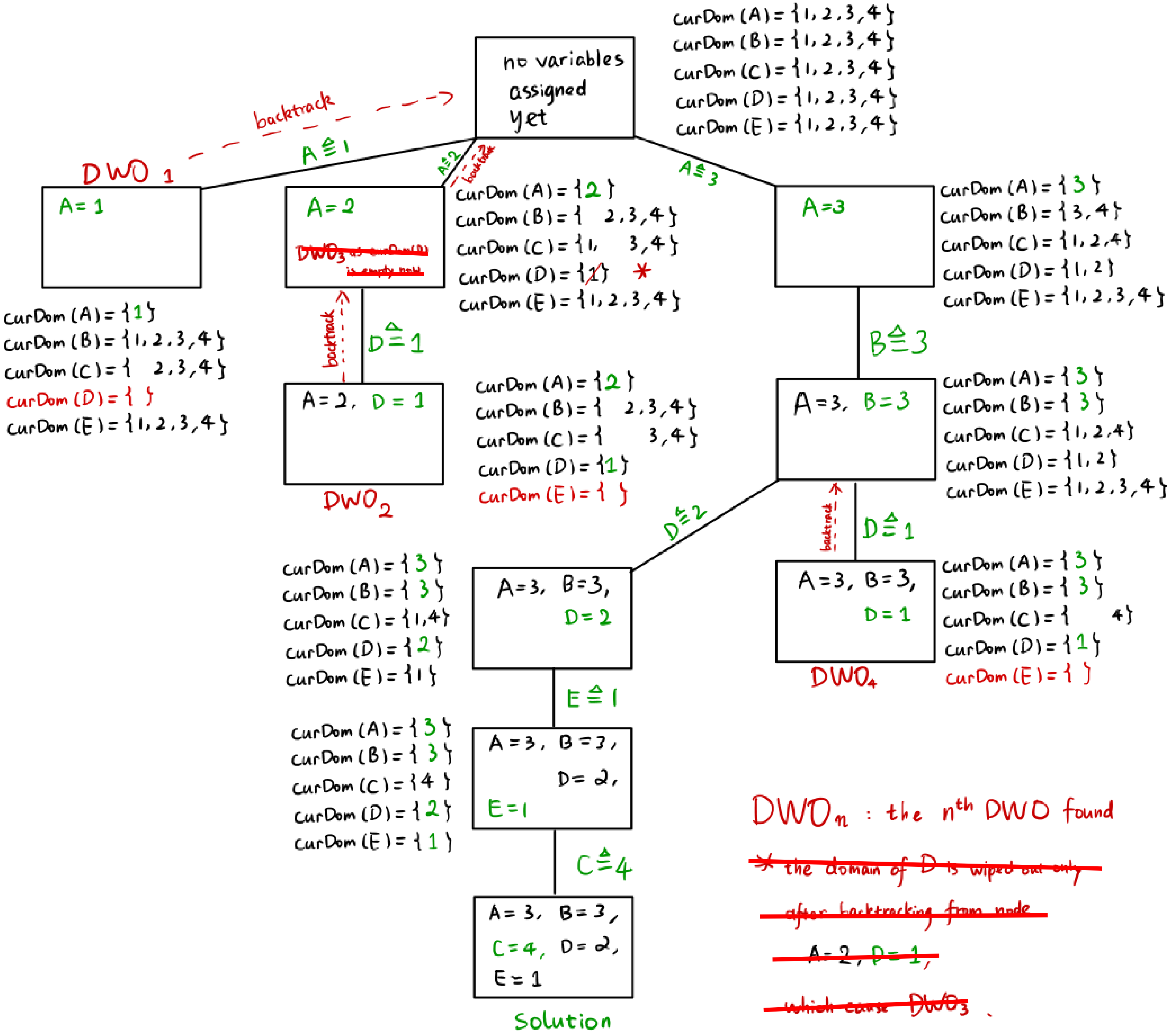
(a) Forward Checking, MRV heuristics, tie-breaking: alphabetic order, increasing value



Q2. 由于题目的描述比较模糊，答案仅供参考：

使用以下谓词：

- $at(x, l)$: x位于l;
- $heigh(x)$: x的高度是High;
- $low(x)$: x的高度是Low;
- $handempty(x)$: x的手是空的;
- $hold(x, o)$: x持有o。

6个动作的STRIPS表示：

$Go(m, l_1, l_2)$: m从l_1走到l_2

- Pre： $\{at(m, l_1), low(m)\}$;
- Add： $\{at(m, l_2)\}$;
- Del： $\{at(m, l_1)\}$.

$Push(m, o, l_1, l_2)$: m将o从l_1移动到l_2

- Pre： $\{at(m, l_1), at(o, l_1), low(m), low(o), handempty(m)\}$;
- Add： $\{at(m, l_2), at(o, l_2)\}$;
- Del： $\{at(m, l_1), at(o, l_1)\}$.

$ClimbUp(m, o, l)$: m在l处爬上o

- Pre： $\{at(m, l), at(o, l), low(m), low(o)\}$;
- Add： $\{high(m)\}$;
- Del： $\{low(m)\}$.

$ClimbDown(m, o, l)$: m在l处爬下o

- Pre： $\{at(m, l), at(o, l), high(m), low(o)\}$;

- Add：$\{low(m)\}$;
- Del：$\{high(m)\}$.

$Grasp(m, o, l)$: m在l处抓住o

- Pre：$\{at(m, l), at(o, l), high(m), high(o), handempty(x)\}$;
- Add：$\{hold(x, o)\}$;
- Del：$\{handempty(x)\}$.

$UnGrasp(m, o, l)$: m在l处放下o

- Pre：$\{at(m, l), at(o, l), low(m), low(o), hold(x, o)\}$;
- Add：$\{handempty(x)\}$;
- Del：$\{hold(x, o)\}$.

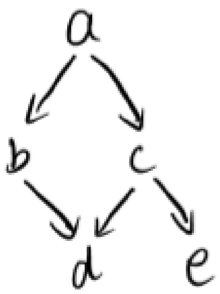
初始状态描述：$at(monkey, A), at(banana, B), at(box, C), handempty(monkey), low(monkey), low(box), high(banana)$

一个让猴子持有香蕉的规划：$Go(monkey, A, C), push(monkey, box, C, B), ClimbUp(monkey, box, B), Grasp(monkey, banana, B)$.

一个让猴子持有香蕉并回到A的规划：$Go(monkey, A, C), push(monkey, box, C, B), ClimbUp(monkey, box, B), Grasp(monkey, banana, B), ClimbDown(monkey, box, B), Go(monkey, B, A)$.

3 Q3

(a)



(b) d and e are independent given c

(c) $P(A,B,C,\neg d,e) = P(A)\cdot P(B|A)\cdot P(C|A)\cdot P(\neg d|B,C)\cdot P(e|C)$

$p(a,b,c,\neg d,e) = 0.2\times0.8\times0.2\times0.2\times0.8 = 0.00512$

$p(a,b,\neg c,\neg d,e) = 0.2\times0.8\times0.8\times0.2\times0.6 = 0.01536$

$p(a,\neg b,c,\neg d,e) = 0.2\times0.2\times0.2\times0.2\times0.8 = 0.00128$

$p(a,\neg b,\neg c,\neg d,e) = 0.2\times0.2\times0.8\times0.95\times0.6 = 0.01824$

$p(\neg a,b,c,\neg d,e) = 0.8\times0.2\times0.05\times0.2\times0.8 = 0.00128$

$p(\neg a,b,\neg c,\neg d,e) = 0.8\times0.2\times0.95\times0.2\times0.6 = 0.01824$ 联合概率算这8个就可以了 下面的是条件概率了

$p(\neg a,\neg b,c,\neg d,e) = 0.8\times0.8\times0.05\times0.2\times0.8 = 0.00512$

$p(\neg a,\neg b,\neg c,\neg d,e) = 0.8\times0.8\times0.95\times0.95\times0.6 = 0.34656$

$p(\neg d,e) = \Sigma_{abc}\, p(A,B,C,\neg d,e) = 0.4112$

$p(A,B,C|\neg d,e)$:

A	B	C	P
a	b	c	0.01245136
a	b	¬c	0.03735409
a	¬b	c	0.00311284
a	¬b	¬c	0.04435798
¬a	b	c	0.00311284
¬a	b	¬c	0.04435798
¬a	¬b	c	0.01245136
¬a	¬b	¬c	0.84280156

(d) $p(a,\neg d,e) = \Sigma_{bc}\, p(a,B,C,\neg d,e)$

$= 0.04$

$$p(a|\neg d,e) = \frac{p(a,\neg d,e)}{p(\neg d,e)} = 0.09727626$$

由于 $p(a|\neg d,e) < p(a) = 0.2$

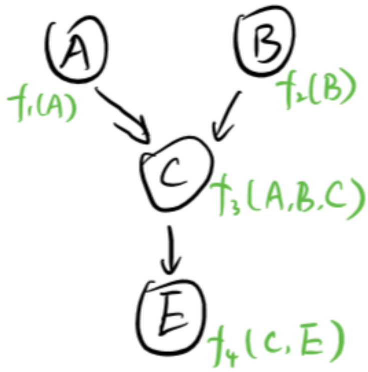
∴患 cancer 的可能性下降了.

4 Q4

(a) 变量D和F是无关的，所以只需考虑右图:

消除顺序：A, B, C

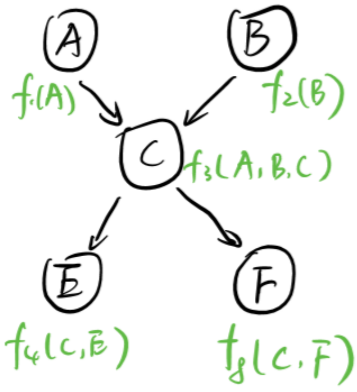
$f_1(A)$		$f_2(B)$		$f_3(A,B,C)$		$f_4(C,E)$	
a	0.9	b	0.2	abc	0.1	ce	0.7
$\neg a$	0.1	$\neg b$	0.8	$ab\neg c$	0.9	$c\neg e$	0.3
				$a\neg bc$	0.8	$\neg ce$	0.2
				$a\neg b\neg c$	0.2	$\neg c\neg e$	0.8
				$\neg abc$	0.7		
				$\neg ab\neg c$	0.3		
				$\neg a\neg bc$	0.4		
				$\neg a\neg b\neg c$	0.6		



消除A $\sum_A f_3(A,B,C)f_1(A)$ $f_5(B,C)$		消除B $\sum_B f_5(B,C)f_2(B)$ $f_6(C)$		消除C $\sum_C f_4(C,E)f_6(C)$ $f_7(E)$	
bc	0.16	c	0.64	e	0.52
$b\neg c$	0.84	$\neg c$	0.36	$\neg e$	0.48
$\neg bc$	0.76				
$\neg b\neg c$	0.24				

$\therefore P(e) = 0.52$

(b) 要计算 $P(e|\neg f)$，则只有 D 是无关的，考虑右图：



这时比前面多了一个 $f_8(C,F)$，首先对 F 进行 restrict：

$f_8(C,F)$		$f_8(C,\neg f)$ $f_9(C)$	
cf	0.2	c	0.8
$c\neg f$	0.8	$\neg c$	0.1
$\neg cf$	0.9		
$\neg c\neg f$	0.1		

这样就是按照 A、B、C 的顺序进行消除。其中对 A 和 B 的消除与之前一模一样，可以重复使用，唯一不同的是对 C 的消除。

消除 C $\sum_c f_4(C,E)f_6(C)f_9(C)$ $f_{10}(E)$	
e	0.3836
$\neg e$	0.1824

$$\therefore P(e|\neg f)=\frac{0.3836}{0.3836+0.1824}=0.67773852$$