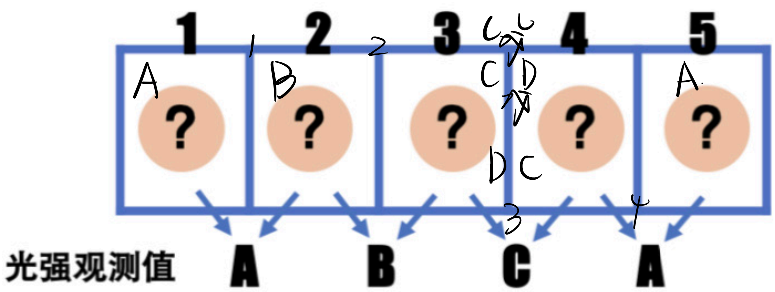
1. 将 A,B,C,D 四种类型光源放置入 1-5 的空间内，每个空间放置一个光源，每种光源可不放置、放置一个或多个，且 C 光源至少放置一个。光源光强 A>B>C>D。在两个空间的相接处观测相邻空间的光源叠加效果，得到光强观测值如下图所示。相邻两个空间内光强较大的光源会覆盖光强较小的光源，即仅能观测到相邻空间内较亮的光源。现考虑 5 个空间内光源的类型。



a) 把该问题建模为约束满足问题，给出该问题的变量和值域。
b) 根据上图中的光强观测值，给出该问题的一元约束和二元约束。
c) 根据边相容对所有的变量进行值域缩小，给出缩小的结果。
d) 给出该约束满足问题的所有解。

a) 变量：$X=\{X_1,\cdots X_n\}$, $n=5$

值域：$D=\{D_1,\cdots D_n\}$, $X_i\in D_i=\{A,B,C,D\}$; $n=5$

b)

定义 $A>B>C>D$, 第 i 个与第 $i+1$ 个空间之间的亮度为 Y_i

一元约束：

$$C=\left((X_i),\begin{array}{l} X_i\le Y_{i-1} \text{ and } X_i\le Y_i \text{ while } i=2,3,4 \\ X_i\le Y_i \text{ while } i=1 \\ X_i\le Y_{i-1} \text{ while } i=5 \end{array}\right)$$

二元约束：$C=((X_i,X_{i+1}), \max\{X_i,X_{i+1}\}=Y_i)$

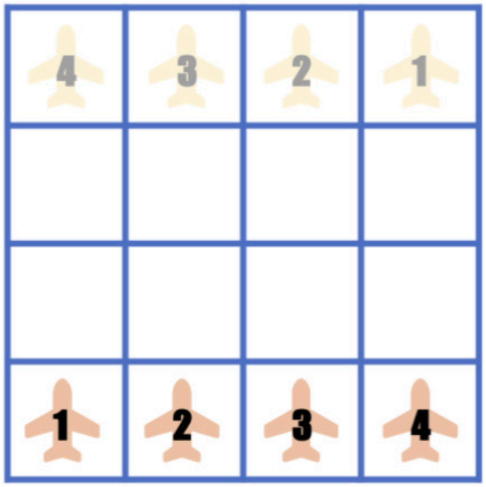
c) 缩小结果：$D_1=\{A\}$; $D_2=\{B\}$; $D_3=\{C,D\}$; $D_4=\{C,D\}$; $D_5=\{A\}$.

d) ① $X=\{A,B,C,C,A\}$

② $X=\{A,B,C,D,A\}$

③ $X=\{A,B,D,C,A\}$.

2. 在一个$n \times n$的网格空域中，有n架飞行器，分别从$(1,1)$排到$(n,1)$，这些飞行器必须飞到最后一行，且第i架飞行器从$(i,1)$出发飞到$(n-i+1,n)$。每架飞行器每一次只能向四个方向之一移动或者保持不动。如果一架飞行器保持不动，其他最多一架飞行器可以跨过它。如一架飞行器停在(3,3),其他飞行器可从(2,3)飞到(4,3)或者(3,2)飞到(3,4)。每个格子每个时刻最多只能有一架飞行器。



a) 计算状态空间(不考虑一个格子至多一架飞行器的约束)。

b) 计算分支因子。

c) 假设第i架飞行器在(x_i, y_i)并且空域中没有其他飞行器。要使他到达目的地的移动步数最短，请设计一个有效的启发函数h_i。

d) 要使所有的飞行器都飞到各自目的地，请选出有效的启发函数并解释。

①$\sum_{i=1}^{n} h_i$　　②$max\{h_1, \dots, h_n\}$　　③$\min\{h_1, \dots, h_n\}$

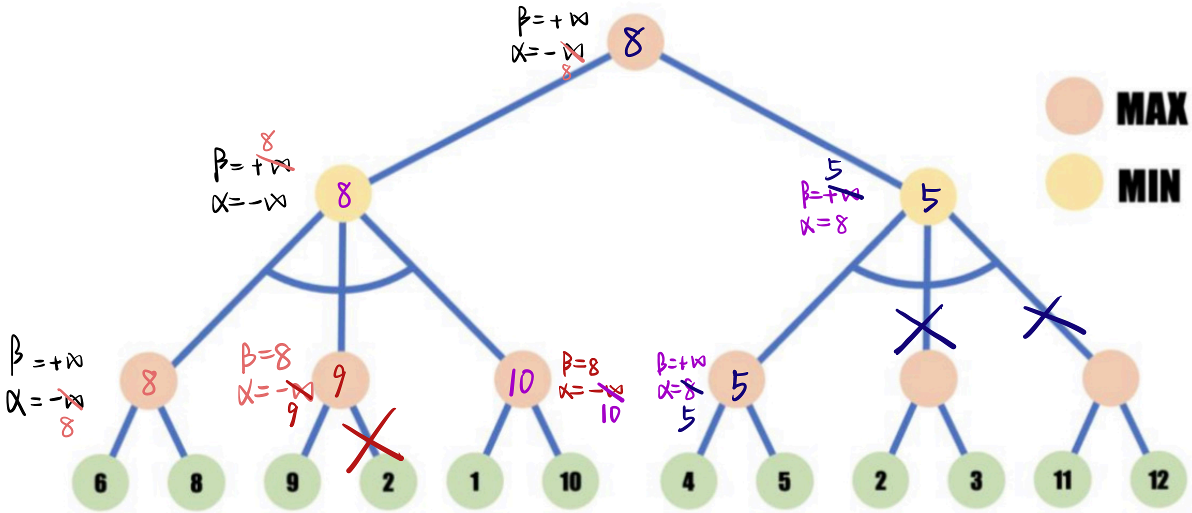
a) 每架飞行器可能处于的位置为n^2，n架飞行器所有排布方式有n^{2n}种.(不考虑每格至多一架飞行器的约束).因此状态空间大小为n^{2n}.

b) 5^n

c) h_i为该飞行器到目的地的曼哈顿距离,即$h_i=|n-i+1-x_i|+|n-y_i|$.

d) 选③. 因为,对于任意一架飞行器而言,所有飞行器的h_i之和显然大于这架飞行器到达目的地的真实路径代价,①不可取; 因为有"跨过其他飞行器"的操作,所以h_i较大的飞行器可以通过跨过h_i较小者一次性移动两步,使得$\max\{h_1,\dots,h_n\}$大于真实路径代价,②不可取. $\min\{h_1,\dots,h_n\}$小于真实路径代价,③可取.

3. 请对于下图的博弈树用α－β过程剪枝。在图中标记出被剪掉的边，并简述α－β的搜索效率优势。搜索过程中，假定节点的生成次序是从上至下，从左到右进行。



α-β搜索效率优势：若树深度为m，节点分支数为b，则深度优先搜索时间复杂度为$O(b^m)$，α-β搜索时间复杂度为$O(b^{\frac{m}{2}})$。本题中，使用α-β剪枝，可以少考察7个节点，需要考察的节点由21个降为14个，提升了搜索效率。