A Star Search

A*搜索

问题 1:

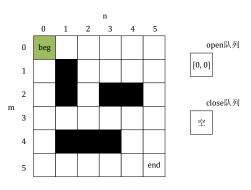
在 $m \times n$ 的二维方格图 s 中从 beg 点移动到 end 点。

解法:

A*搜索算法结合了广度优先搜索、Dijkstra 算法和启发式搜索,能够有效提高搜索效率。与 DFS 和 BFS 这种误差别搜索不同,启发式搜索会设置一个评价函数来计算每个节点的搜索代价(或到目标的距离),优先搜索那些离目标最近的点,从而提高搜索效率。

A*算法的评价函数为f(x) = g(x) + h(x),其中 x 是一个节点,f(x)表示 x 点到 end 的估计距离,g(x)表示从 beg 到 x 点的距离,h(x)表示从 x 点到 end 的估算距离。在 A*算法的等待队列中,总是优先选取f(x)最小的点进行搜索。

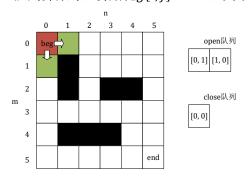
在下面这个6×6的二维方格 s 中,其中黑色的格子代表不能通过。从beg = [0,0]移动 到end = [5,5],设置 open 队列、close 队列和 g 分数表。x 点[i,j]和 end 点[5,5]的估算距离 $h_{[i,j]\to end} = |5-i| + |5-j|$ 。过程如下:



g 分数表: g[i,j]表示点[i,j]到 beg 点所需要的最小距离

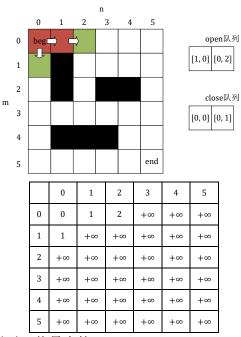
	0	1	2	3	4	5
0	0	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
1	+∞	+8	+8	+8	+8	+∞
2	+∞	+8	+8	+8	+8	+∞
3	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
4	+∞	+8	+8	+8	+8	+∞
5	+∞	+8	+8	+8	+8	+∞

(1) 将 beg 加入 open 队列并染绿,初始化 $g[i,j] = +\infty$,其中 $i,j \in [0,6)$,g[0,0] = 0;

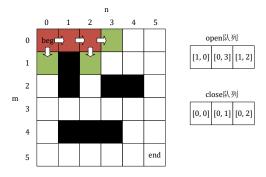


ſ		0	1	2	2		-
Į		0	1	2	3	4	5
	0	0	1	+8	+8	+8	+8
	1	1	+	8	+	8	+
	2	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
	3	+8	+8	+8	+8	+8	+8
	4	+8	+8	+8	+8	+8	+8
	5	+8	+8	8	+8	+8	+8

(2) 从 open 队列中取出 f 值最小的 $f[0,0] = g[0,0] + h_{[0,0] \to end} = 0 + |5-0| + |5-0|$ 点[0,0](唯一的),比较 $[0,0] \neq end$,将它加入 close 队列并染红,它周围的[0,1]、[1,0]不属于 open 队列,将这两点加入 open 队列并染绿,令[0,1]、[1,0]的父节点为[0,0],计算g[0,1] = g[1,0] = g[0,0] + 1 = 1;

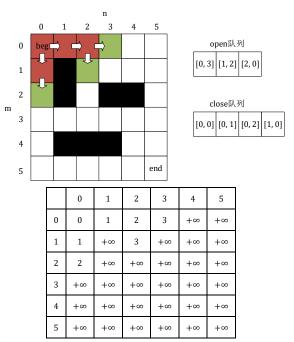


(3) 从 open 队列中取出 f 值最小的 $f[0,1] = g[0,1] + h_{[0,1] \to end} = 1 + |5-0| + |5-1|$ 点 [0,1](多个 f 值相等的点中可以随机选择一个,考虑到目标的估算距离 h 值,在 f 值相等的基础上应该优先选择 h 值最小的,本解答在选取时有疏漏),比较 $[0,1] \neq end$,将它加入 close 队列并染红,它周围的 [0,2] 不属于 open 队列并染绿,将该点加入 open 队列,令 [0,2] 的父节点为 [0,1],计算 [0,2] = g[0,1] + 1 = 2;

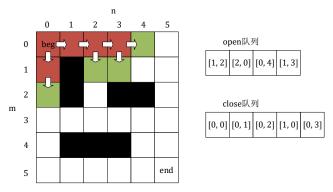


	0	1	2	3	4	5
0	0	1	2	3	+∞	+∞
1	1	+∞	3	+∞	+∞	+∞
2	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
3	+8	+8	+8	+8	+8	+∞
4	+8	+8	+8	+8	+8	+∞
5	+∞	+8	+8	+8	+8	+∞

(4) 从 open 队列中取出 f 值最小的 $f[0,2] = g[0,2] + h_{[0,2] \to end} = 2 + |5-0| + |5-2|$ 点[0,2],比较 $[0,2] \neq end$,将它加入 close 队列并染红,它周围的[0,3]、[1,2]不属于 open 队列,将该两点加入 open 队列并染绿,令[0,3]、[1,2]的父节点为[0,2],计算g[0,3] = g[1,2] = g[0,2] + 1 = 3;

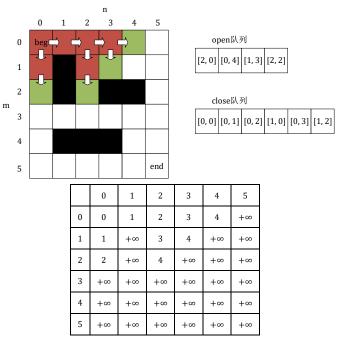


(5) 从 open 队列中取出 f 值最小的 $f[1,0] = g[1,0] + h_{[1,0] \to end} = 1 + |5-1| + |5-0|$ 点[1,0],比较[1,0] \neq end,将它加入 close 队列并染红,它周围的[2,0]不属于 open 队列,将该点加入 open 队列并染绿,令[2,0]的父节点为[1,0],计算g[2,0] = g[1,0] + 1 = 2;

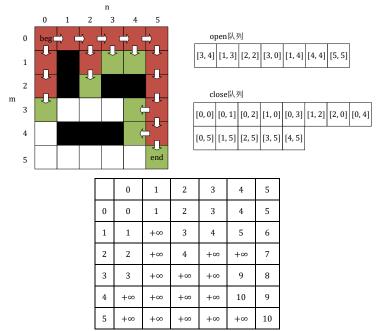


	0	1	2	3	4	5
0	0	1	2	3	4	+∞
1	1	+∞	3	4	+∞	+∞
2	2	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
3	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
4	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞
5	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞	+∞

(6) 从 open 队列中取出 f 值最小的 $f[0,3] = g[0,3] + h_{[0,3] \to end} = 3 + |5-0| + |5-3|$ 点[0,3],比较[0,3] \neq end,将它加入 close 队列并染红,它周围的[1,3]、[0,4]不属于 open 队列,将该两点加入 open 队列并染绿,令[0,4]、[1,3]的父节点为[0,3],计算g[1,3] = g[0,4] = g[0,3] + 1 = 4;



- (7) 从 open 队列中取出 f 值最小的 $f[1,2] = g[1,2] + h_{[1,2] \to end} = 3 + |5-1| + |5-2|$ 点[1,2]加入 close 队列并染红,它周围的[2,2]不属于 open 队列,[1,3]已经属于 open 队列,将[2,2]加入 open 队列并染绿,令[2,2]的父节点为[1,2],计算g[2,2] = g[1,2] + 1 = 4,计算g'[1,3] = g[1,2] + 1 = g[1,3],新的路径并不比老的路径更短,不必更新[1,3]点的父节点;
- (8) 每一步从 open 队列中取出 f 值最小的(目前 open 队列中所有点的 f 值都相同,可以随机选择任意点,不过考虑到目标的估算距离 h 值,在 f 值相等的基础上应该优先选择 h 值最小的)点 x,比较 x 与 end,(a)若 open 队列为空,算法结束没有找到 end 点,(b)若x = end则算法结束找到 end 点,(c)继续寻找,将 x 点加入 close 队列并染红,对于 x 点周围的其他节点 y 有以下可能: (a)若 y 点属于 close 队列为红色则直接跳过该点,(b)若 y 点不属于 close 队列,不属于 open 队列,将 y 点加入 open 队列并染绿,父节点设置为 x,计算g(y)、h(y)、f(y)值,(c)若 y 点不属于 close 队列,属于 open 队列,说明 y 点已经被访问过,重新计算以 x 点为父节点的 y 的g(y)、h(y)、f(y)值,若f(y)更小则更新 y 点的信息和父节点为 x 点,若f(y)并不比原本的路径更短则保持现在的 y 点不变;



(9) 跳过中间重复的步骤,最终情况如上图所示, open 队列中包含 end 点,算法结束, beg 点到 end 点的距离为 10,路径通过节点的父节点指针回溯回去;

对于 $m \times n$ 的二维方格 s,A*搜索的过程并不是向四周均匀发散开的,而是沿着 f 值和 h 值最小的方向移动,最坏情况下时间复杂度为 $O(m \times n)$ 。

问题 2 (八数码问题):

对于
$$3 \times 3$$
的矩阵 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$, x 点可以与上下左右的相邻点交换位置,除此之外不能随

求最少变换次数以及变化经过,即从起点状态 beg 到终点状态 end 的路径。

解法:

与之前问题不同,本问题将每种矩阵状态看作一个节点,是一种时间上的状态搜索。

x 点和 end 点的估算距离 $h_{x\to end} = \sum_{i=0,j=0}^{2} (x_{[i,j]} \neq end_{[i,j]}?1:0)$,即对于同一个位置[i,j],若 $x_{[i,j]} \neq end_{[i,j]}$ 则 h 值加 1,否则加 0,其中 $i,j \in [0,2]$ 。当 x 点与 end 点相同时,x 点中每个位置的值都和 end 点相同。过程如下:

$$open = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$
$$close = empty$$
$$g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0$$

(1) 将 beg 点加入 open 队列,g 分数表中g
$$\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0$$
;
$$open = \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

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

$$g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1$$

(2) 从 open 队列中取出 f 值最小的
$$f = 0 + 9 = 9$$
(唯一的)点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$, 将它加入

close 队列,该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$, 这3个状态可以看作该点的相邻点(和问题1中

二维方格的上下左右 4 个相邻格子类似),这 3 个状态不属于 open 队列和 close 队

列,将这 3 个点加入 open 队列并设置父节点都为
$$\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$
 并计算 g 值;

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

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

$$g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix} = 2$$

(3) 从 open 队列中取出 f 值最小的
$$f = 1 + 8 = 9$$
点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & x \end{bmatrix}$,将它加入 close 队列,

该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 2 个点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix}$,其中

$$\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$
属于 close 队列,跳过该点, $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix}$ 不属于 open 队列和 close 队列,

将该点加入 open 队列,设置父节点为 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & x \end{bmatrix}$ 并计算 g 值;

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

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

$$g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&x\\6&4&5\end{bmatrix}=0 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&x&7\\6&4&5\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&5\\6&4&x\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&x\\3&7&1\\6&4&5\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&5\\6&x&4\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&8\\3&7&1\\6&4&5\end{bmatrix}=2$$

(4) 从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 1 + 9 = 10点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$, 将它加入 close 队列,

该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 2 个点 $\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$,其中

 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 属于 close 队列,跳过该点, $\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 不属于 open 队列和 close 队列,

将该点加入 open 队列,设置父节点为 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 并计算 g 值;

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

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

$$g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&x\\6&4&5\end{bmatrix}=0 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&x&7\\6&4&5\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&5\\6&4&x\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&x\\3&7&1\\6&4&5\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&5\\6&x&4\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&8\\3&7&1\\6&4&5\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&1\\3&4&7\\6&x&5\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&1\\3&6&4&5\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&1\\3&6&4&5\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&1\\3&4&7\\6&x&5\end{bmatrix}=2 \ g[2&x]$$

(5) 从 open 队列中取出 f 值最小的f = 1 + 9 = 10点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$,将它加入 close 队列,

该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 4 个点

$$\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}, 其中 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$
属于 close 队列,跳过

该点, $\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix}$ 不属于 open 队列和 close 队列,将这 3 点加

入 open 队列,设置父节点为 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 并计算 g 值;

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

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

$$g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 \quad g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & x \end{bmatrix} = 1 \quad g\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix} = 2 \quad g\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2$$

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

(6) 从 open 队列中取出 f 值最小的f=2+9=11点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix}$,将它加入 close 队列,

该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 3 个点 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ r & 6 & 4 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & x \end{bmatrix}$ 其中 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 2 \end{bmatrix}$ 属于 close 队列,跳过该点, $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 2 & 6 & 4 \end{bmatrix}$ 不属于 open 队列 和 close 队列,将这 2 点加入 open 队列,设置父节点为 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 2 & ... & 4 \end{bmatrix}$ 并计算 g 值; $open = \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1$ $close = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix}$ $g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $g\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ x & 6 & 4 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ x & 6 & 4 \end{bmatrix} = 3$ $g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3$ (7) 从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 2 + 9 = 11 点 $\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$,将它加入 close 队列, 该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 3 个点 $\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$, 其中 $\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 属于 close 队列,跳过该点, $\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 不属于 open 队列 和 close 队列,将这 2 点加入 open 队列,设置父节点为 $\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 4 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ 并计算 g 值; $open = \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 2 & 7 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 5 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 5 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 5 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 5 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2$ $close = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 2 \\ 3 & 2 & 2 \\ 3 &$ $g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&x\\6&4&5\end{bmatrix}=0 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&x&7\\6&4&5\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&5\\6&4&x\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&x\\3&7&1\\6&A&5\end{bmatrix}=1 \ g\begin{bmatrix}2&8&1\\3&7&5\\6&A&5\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&8\\3&7&1\\6&A&5\end{bmatrix}=2 \ g\begin{bmatrix}2&x&8\\3&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&2&2\\4&2&$ $g\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ x & 6 & 4 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3$ $g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4$ (8) 从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 3 + 8 = 11点 $\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ (open 队列中存在多个

```
f=11的点,但是该点 h 值最小h=8因此优先选择),将它加入 close 队列,该点
                                                的 x 与上下左右交换位置后的状态有 2 个点 3 7 1 x 7 1 , 其中 3 7 1 6 4 5
                                                属于 close 队列,跳过该点,\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} 不属于 open 队列和 close 队列,将该点加
                                              入 open 队列,设置父节点为 \begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \end{bmatrix} 并计算 g 值;
                                                                                                                                                  open = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}
                                                                                                                                                  close = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 
                                                                                                  g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 \ g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 7 \end{bmatrix} = 1 \ g \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix} = 2 \ g \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2
                                                                                                g\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ x & 6 & 4 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3
                                                                                                                                                                               g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ \end{bmatrix} = 3
(9) 从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 2 + 9 = 11 点 \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} , 将它加入 close 队列,
                                                  该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 3 个点 \begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} ,
                                                其中\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \end{bmatrix}属于 close 队列,跳过该点,\begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \end{bmatrix}不属于 open 队列
                                                  和 close 队列,将这 2 点加入 open 队列,设置父节点为 \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 2 & 4 & 1 \end{bmatrix} 并计算 g 值;
                                                                                                                                                    open = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 4 & 6 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3
                                                                                                  close = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \\ 3 & x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & x & 

\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 7 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix} = 2 \quad g \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2

                                                                                                g\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 6 & 7 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 3 & 6 & 7 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 7 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3
                                                                                                                                                                               g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ x & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4
(10)从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 1 + 9 = 10点 \begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix},将它加入 close 队列,
```

```
该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 2 个点 \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} ,其中
                                                                                         \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \end{bmatrix}属于 close 队列,跳过该点,\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ x & 8 & 7 \end{bmatrix}不属于 open 队列和 close 队列,
                                                                                           将该点加入 open 队列,设置父节点为 \begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \end{bmatrix} 并计算 g 值;
                                                                                                                                     open = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 4 & 6 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5
                                                                                           close = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 8 & 7 \\ 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 

\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \quad g \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2

\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 3 & 4 & 7 \end{bmatrix} = 2 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 3 & 4 & 7 \end{bmatrix} = 2 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 4 & 6 & 7 \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 4 & 7 & 6 \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 4 & 7 & 6 \end{bmatrix} = 3

                                                                                                                                 g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ x & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ x & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3
                                                  (11)从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 2 + 9 = 11点 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}, 将它加入 close 队列,
                                                                                           该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 3 个点 \begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ 7 & 4 & 5 \end{bmatrix}
                                                                                           其中\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \end{bmatrix}属于 close 队列,跳过该点,\begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \end{bmatrix}后 6 3 7 不属于 open 队列
                                                                                           和 close 队列,将该 2 点加入 open 队列,设置父节点为 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \end{bmatrix} 并计算 g 值;
                                                                                                                                                                             open = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & r & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ r & 6 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ x & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ x & 4 & 5 \end{bmatrix}
= \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} 
                                                                                                                                 g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \end{bmatrix} = 0 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \end{bmatrix} = 1 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} = 1 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} = 2 \ g\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} = 2
                                                                                                                                 g\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} = 2 g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 3 g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ x & 6 & 4 \end{bmatrix} = 3 g\begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3
                                                                                                                                   g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ x & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3
```

```
该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 4 个点
                                                                   \begin{bmatrix} 2 & x & 1 & 2 & 8 & 1 & 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 5 & x & 3 & 5 & 3 & 7 & 5 & 3 & 5 & x \\ 6 & 7 & 4 & 6 & 7 & 4 & 6 & 7 & 4 \end{bmatrix}, 其中\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & x & 4 \end{bmatrix}属于 close 队列,跳过
                                                                    该点, [2 x 1] [2 8 1] [2 8 1] 
该点, [3 8 5] [x 3 5] [3 5 x 不属于 open 队列和 close 队列,将该 3 点加
                                                                 入 open 队列,设置父节点为 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \end{bmatrix} 并计算 g 值;
                                                                    open = \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ x & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ x & 6 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 8 & 7 \\ x & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 8 & x & 7 \\ 3 & 8 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix}
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 5 & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 7 & 5 \end{bmatrix}
close = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 
                                                                                                                                                                                                                                \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 7 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 7 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ x & 8 & 7 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 4 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 

\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 0 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & x \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 1 \quad g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 \quad g \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2

\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 2 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix} = 2 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & x & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ x & 6 & 4 \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} x & 2 & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3

                                                                                                  g\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ x & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 \ g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ x & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3

\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ r & 4 & 5 \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 7 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 5 g \begin{bmatrix} 3 & 2 & 8 \\ 6 & 7 & 1 \\ r & 4 & 5 \end{bmatrix} = 5 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ r & 6 & 5 \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 5 & r \end{bmatrix} = 3 g \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 8 & 7 \\ r & 4 & 5 \end{bmatrix} = 5

                                                                                                                                                       g\begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 8 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} = 5 \ g\begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 5 & x \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} = 4 \ g\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 6 & 4 \end{bmatrix} = 4
                                   (16)从 open 队列中取出 f 值最小的f = 3 + 9 = 12点 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ * & 6 & 4 \end{bmatrix},将它加入 close 队列,
                                                                    该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 2 个点 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 7 & 5 \\ 3 & 6 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \\ 6 & r & 4 \end{bmatrix} , 其中
                                                                    \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix}属于 close 队列,跳过该点,\begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 7 & 5 \end{bmatrix}不属于 open 队列和 close 队列,
                                                                    将该点加入 open 队列,设置父节点为 \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 7 & 5 \end{bmatrix} 并计算 g 值;
                                                                                                      open = \begin{bmatrix} 2 & 1 & x \\ 3 & 8 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 6 & 3 & 7 \\ x & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ 3 & 4 & 7 \\ x & 6 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 8 & 7 \\ x & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 8 & x & 7 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & x & 1 \\ 3 & 8 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 8 & 1 \\ x & 3 & 5 \\ 6 & 7 & 4 \end{bmatrix}

    2
    8
    1
    2
    8
    1
    2
    7
    8
    2
    7
    8
    2
    7
    8
    3
    7
    8
    3
    4
    1
    3
    1
    3
    1
    1
    3
    4
    1
    3
    4
    1
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5
    6
    4
    5</t
```

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$g \begin{bmatrix} 3$$

(17)从 open 队列中取出 f 值最小的 f = 3 + 9 = 12点 $\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$,将它加入 close 队列,

该点的 x 与上下左右交换位置后的状态有 4 个点

$$\begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & 1 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & 1 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & 4 & 1 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix}, 其中 \begin{bmatrix} 2 & x & 8 \\ 3 & 7 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$
属于 close 队列,跳过

该点, $\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ x & 3 & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & 1 & x \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & 4 & 1 \\ 6 & x & 5 \end{bmatrix}$ 不属于 open 队列和 close 队列,将该 3 点加

入 open 队列,设置父节点为
$$\begin{bmatrix} 2 & 7 & 8 \\ 3 & x & 1 \\ 6 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$
 并计算 g 值;

(18)每一步从 open 队列中取出 f 值最小的 (f 值相同时优先选 h 值最小的) 点 x, 比较 x 点与 end 点,(a)若 open 队列为空,则没有找到 end,算法结束,(b)若x = end则找到 end 点,算法结束,(c)继续寻找,将 x 点加入 close 队列, x 点相邻的其他 节点 y 有以下可能: (a)若 y 点属于 close 队列则直接跳过该点, (b)若 y 点不属于 close 队列,不属于 open 队列,将 y 点加入 open 队列,父节点设置为 x,计算g(y)、 h(y)、f(y)值,(c)若 y 点不属于 close 队列,属于 open 队列,说明 y 点已经被访 问过,重新计算以 x 点为父节点的 y 的g(y)、h(y)、f(y)值,若f(y)更小则更新 y点的信息和父节点为 x 点,若f(y)并不比原本的路径更短则保持现在的 y 点不变; 对于八进制数码问题, A*搜索在最坏情况下时间复杂度为0(99)。