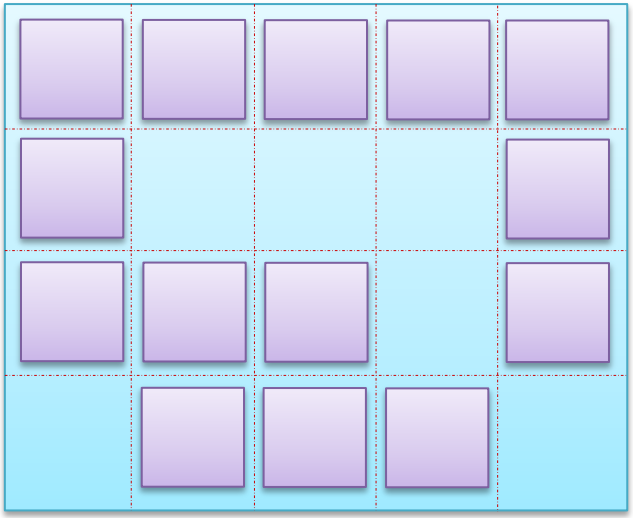
# 递归 — 小游戏

郭 炜　刘家瑛

北京大学

# 小游戏

- 问题描述
  - 一天早上, 你起床的时候想 “我编程序这么牛,
    为什么不能靠这个赚点小钱呢?”
    因此你决定编写一个小游戏
  - 游戏在一个分割成 w * h 个正方格子的矩形板上进行
  - 每个正方格子上可以有一张游戏卡片, 当然也可以没有

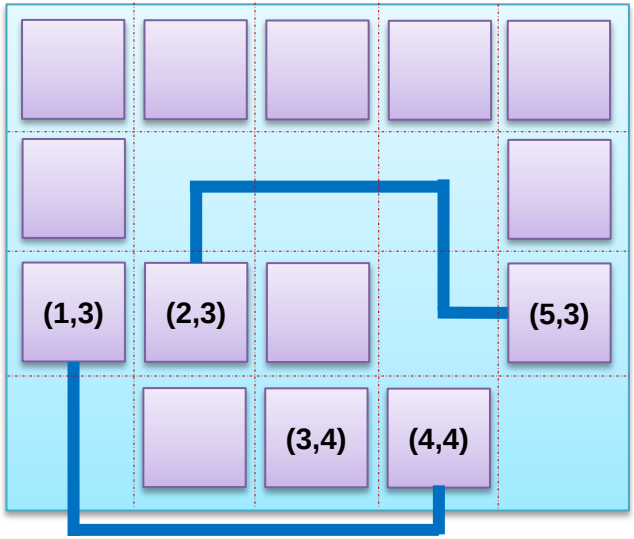


# 小游戏

- 问题描述
  - 当下面的情况满足时，

    认为两个游戏卡片之间有一条路径相连:
    - 路径只包含水平或者竖直的直线段
    - 路径不能穿过别的游戏卡片
    - 但是允许路径临时的离开矩形板

- 这是一个例子:




- 在 (1,3)和 (4,4)处的游戏卡片是可以相连的
- 而在 (2,3) 和 (3,4) 处的游戏卡是不相连的, 因为连接它们的每条路径都必须要穿过别的游戏卡片
- 现在要在小游戏里面判断:

  是否存在一条满足题意的路径能连接给定的两个游戏卡片

## 输入 (1/2)

- 输入包括多组数据: 一个矩形板对应一组数据
- 第一行包括两个整数 w和h (1 <= w, h <= 75),

分别表示矩形板的宽度和长度

- 下面的h行, 每行包括w个字符, 表示矩形板上的游戏卡片分布情况:
  - 使用 ‘X’ 表示这个地方有一个游戏卡片
  - 使用 空格 表示这个地方没有游戏卡片

## 输入 (2/2)

- 之后每行上包括4个整数:

  x1, y1, x2, y2 (1 <= x1, x2 <= w, 1 <= y1, y2 <= h)

- 给出两个卡片在矩形板上的位置

  注意: 矩形板左上角的坐标是(1,1)

  输入保证这两个游戏卡片所处的位置是不相同的

  如果一行上有4个0, 表示这组测试数据的结束

- 如果一行上给出w = h = 0, 那么表示所有的输入结束了

# 输出

- 对每一个矩形板, 输出一行 “Board #n:”, n是输入数据的编号
- 对每一组需要测试的游戏卡片输出一行. 这一行的开头是 “Pair m: ”, 这里m是测试卡片的编号（对每个矩形板, 编号都从1开始）
- 如果可以相连, 找到连接这两个卡片的所有路径中包括线段数最少的路径, 输出 “k segments.”

  k是找到的最优路径中包括的线段的数目
- 如果不能相连, 输出 “impossible.”
- 每组数据之后输出一个空行

## 样例输入

```
5    4
X X X X X
X          X
X X X    X
   X X X
2    3    5    3
1    3    4    4
2    3    3    4
0    0    0    0
0    0
```

## 样例输出

Board #1:

Pair 1: 4 segments.

Pair 2: 3 segments.

Pair 3: impossible.

# 问题分析 (1)

- 迷宫求解问题

  自相似性表现在每走一步的探测方式相同,

  可以用递归方法求解

- 通过枚举方式找到从起点到终点的路径, 朝一个方向走下去:
  - 如果走不通, 则换个方向走

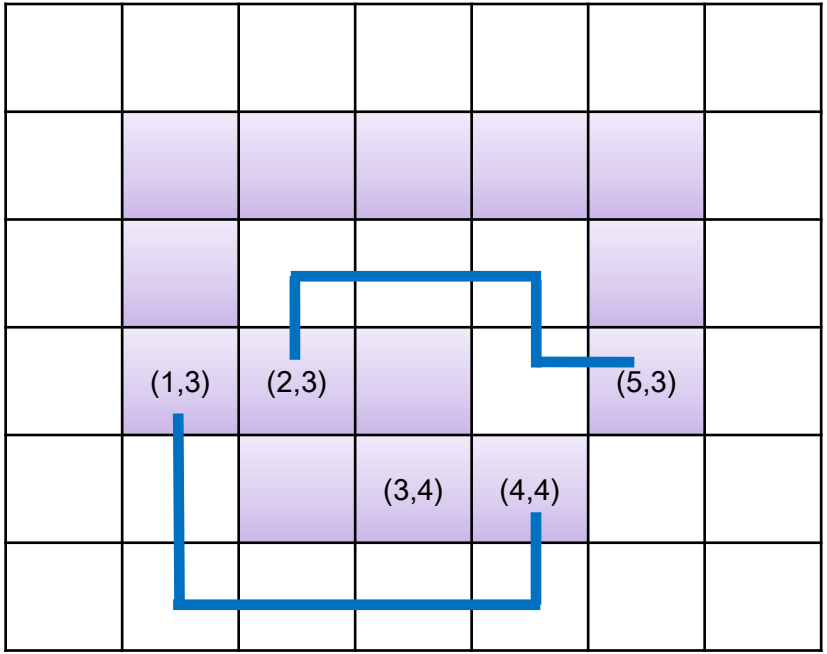
  →四个方向都走不通, 则回到上一步的地方, 换个方向走

  →依次走下去, 直到走到终点

# 问题分析 (1)

- 计算路径数目:
- 普通迷宫问题的路径数目是经过的格子数目
- 而该问题路径只包含水平或者竖直的直线段,
- 所以需要记录每一步走的方向
  - 如果上一步走的方向和这一步走的方向相同, 递归搜索时路径数不变, 否则路径数加1

# 问题分析 (2)




- 路径只包含水平或者竖直的直线段. 路径不能穿过别的游戏卡片. 但是允许路径临时的离开矩形板
- 所以在矩形板最外层增加一圈格子, 路径可以通过这些新增加的格子

# 问题分析 (3)

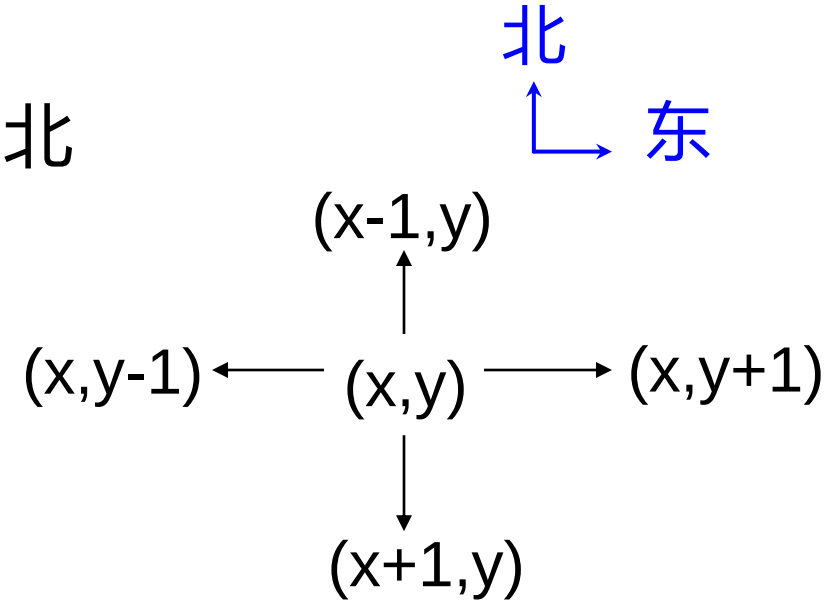
- 描述迷宫:

1. 设置迷宫为二维数组board[][], 数组的值是:
   空格: 代表这个地方没有游戏卡片
   'X' : 代表这个地方有游戏卡片
2. 在搜索过程中, 用另外一个二维数mark[][]标记格子是否已经走过了
   mark[i][j]=0 //格子(i, j)未走过
   mark[i][j]=1 //格子(i, j)已经走过
3. int minstep, w, h; //全局变量
   //minstep, 记录从起点到达终点最少路径数,
   //初始化为一个很大的数
   //w, h矩形板的宽度和高度

# 问题分析 (4)

- 设置搜索方向顺序是东, 南, 西, 北

```
int to[4][2] = {{0,1},{1,0},{0,-1},{-1,0}};
//now_x, now_y, 当前位置
//x, y下一步位置
for(i = 0; i < 4; i ++){
    int x = now_x + to[i][0];
    int y = now_y + to[i][1];
    f=i;  //方向, 0,1,2,3分别表示东,南,西,北
    …
}
```



# 问题分析 (5)

- 判断新位置(x, y)是否有效
  - T1: (x, y)在边界之内
    (x > -1) && (x < w + 2) && (y > -1) && (y < h + 2)
  - T2: 该位置没有游戏卡片并且未曾走过
    ((board[y][x] == ' ') && (mark[y][x] == false))
  - T3: 已经到达终点
    (x == end_x) && (y == end_y) && (board[y][x] == 'X‘)

综上, (x,y)有效的条件是 T1 && (T2 || T3)

```
((x > -1) && (x < w + 2) && (y > -1) && (y < h + 2)
&& (((board[y][x] == ' ') && (mark[y][x] == false))
|| ((x == end_x) && (y == end_y) && (board[y][x] == 'X'))))
```

# 递归方法

- 构造递归函数

```
void Search(int now_x, int now_y, int end_x, int end_y, int step, int f) ;
        //now_x, now_y当前位置
        //end_x, end_y结束位置
        //step已经走过的路径数目
        //f从上一步走到(now_x, now_y)时的方向
```

# 参考程序

```
#include <stdio.h>
#include <memory.h>
#define MAXIN 75
char board[MAXIN + 2][MAXIN + 2];    //定义矩形板
int minstep, w, h, to[4][2] = {{0,1},{1,0},{0,-1},{-1,0}};    //定义方向
bool mark[MAXIN + 2][MAXIN + 2];    //定义标记数组
```

```
void Search(int now_x, int now_y, int end_x, int end_y, int step, int f){
    if(step > minstep) return;  //当前路径数大于minstep, 返回→优化策略
    if(now_x == end_x && now_y == end_y){   //到达终点
        if(minstep > step)    //更新最小路径数
            minstep = step;
            return;
        }
```

```
    for(int i = 0; i < 4; i ++){    //枚举下一步的方向
            int x = now_x + to[i][0];   //得到新的位置
            int y = now_y + to[i][1];
            if ((x > -1) && (x < w + 2) && (y > -1) && (y < h + 2)
            && (((board[y][x] == ' ') && (mark[y][x] == false))||((x==end_x)
            && (y == end_y) && (board[y][x] == 'X'))))){
                mark[y][x] = true; //如果新位置有效标记该位置
                //已经过上一步方向和当前方向相同,
                //则递归搜索时step不变, 否则step+1
                if(f == i)  Search(x, y, end_x, end_y, step, i);
                else        Search(x, y, end_x, end_y, step + 1, i);
                mark[y][x] = false;    //回溯, 该位置未曾走过
            }
        }
}
```

```
int main(){
    int Boardnum = 0;
    while(scanf(“%d %d”, &w, &h)){    //读入数据
      if(w == 0 && h == 0)break;
      Boardnum ++;
      printf("Board #%d:\n", Boardnum);
      int i, j;
      for (i = 0; i < MAXIN + 2; i ++)board[0][i] = board[i][0] = ' ';
      for(i = 1; i <= h; i ++){    //读入矩形板的布局
            getchar();
            for(j = 1; j <= w; j ++) board[i][j] = getchar();
      }
      //在矩形板最外层增加一圈格子
      for (i = 0; i <= w; i ++)
            board[h + 1][i + 1] = ' ';
      for (i = 0; i <= h; i ++)
            board[i + 1][w + 1] = ' ';
```

```
    int begin_x, begin_y, end_x, end_y, count = 0;
    while(scanf("%d %d %d %d", &begin_x, &begin_y, &end_x, &end_y)
    && begin_x > 0){   //读入起点和终点
        count ++;
        minstep = 100000;    //初始化minstep为一个很大的值
        memset(mark, false, sizeof(mark));
        //递归搜索
        Search(begin_x, begin_y, end_x, end_y, 0, -1);
        //输出结果
        if(minstep < 100000)printf("Pair %d: %d segments.\n", count, minstep);
        else printf("Pair %d: impossible.\n", count);
     }
     printf("\n");
  }
  return 0;
}
```

# 问题小结

- 递归的条件
  - 自相似性表现在每走一步的探测方式相同, 可以用递归算法求解
- 定义并记录路径方向
- 判断下一步的位置是否符合要求
- 搜索过程Search( )
  - 朝一个方向走下去, 如果走不通, 则换个方向走; 四个方向都走不通, 则回到上一步的地方, 换个方向走; 依次走下去, 直到走到终点
- 计算路径数目
  - 需要记录每一步走的方向, 如果上一步走的方向和这一步走的方向相同, 递归搜索时路径数不变, 否则路径数加1