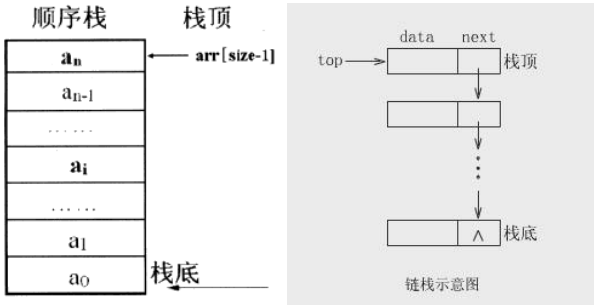
作业 HW02 实验报告

姓名：闫浩扬 学号：2253156 日期：2023 年 10 月 18 日

1. 涉及数据结构和相关背景

这次作业主要涉及了两个数据结构，栈和队列。

栈：最大特点是"后进先出"（LIFO，Last-In-First-Out），并且只可以操作栈顶元素。栈通常用于解决需要按照相反顺序处理数据的问题。栈又可分为顺序栈（使用数组实现）和链栈（使用链表实现）。



队列：最大特点是"先进先出"（FIFO，First-In-First-Out），并且只可在队首弹出元素，在队尾加入元素。队列又可分为循环队列（队首队尾相接的顺序存储结构）和链队列（使用链表实现）。

2. 实验内容

2.1 列车进站

2.1.1 问题描述

每一时刻，列车可以从入口进车站或直接从入口进入出口，再或者从车站进入出口。即每一时刻可以有一辆车沿着箭头 a 或 b 或 c 的方向行驶。现在有一些车在入口处等待，给出该序列，然后给你多组出站序列，请你判断是否能够通过上述的方式从出口出来。

2.1.2 基本要求

输入：第 1 行，一个串，入站序列。后面多行，每行一个串，表示出栈序列。当输入=EOF 时结束

输出：多行，若给定的出栈序列可以得到，输出 yes,否则输出 no。

2.1.3 数据结构设计

```
/*description:
由于入站列车满足后进先出，所以使用栈来模拟火车序列
*/
class Train                 //火车序列
{
private:
    char data[1000];        //储存栈
    int top;                //栈顶指针
public:
    Train() { top = -1; }   //初始化栈顶指针
    void push(char c) {     //入栈
        data[++top] = c;
    }
    char pop() {            //出栈
        return data[top--];
```

```
    }
    char peek() {           //取栈顶值
        return data[top];
    }
    bool isEmpty() {        //判空
        return top == -1;
    }
};
```

2.1.4 功能说明（函数、类）

```
/*
 * @brief            判断火车是否可按照指定序列驶出
 * @param   entrance 进栈序列
 * @param   exit     出站序列
 * @return           true / false
 */
bool canExit(const string& entrance, const string& exit)
{
    Train train;
    int entranceIndex = 0; //初始化入栈序列索引
    for (char c : exit){   //c 为出站序列索引
        if (栈非空 && train.peek() == c)
            列车顶部出栈;
        else {
           while (入栈序列索引在合法范围内&&当前入栈序列元素与出站序列元素 c 不同)
            {
                train.push(entrance[entranceIndex]);
                入栈序列索引+1;
            }
            if (entranceIndex >= entrance.length()) {
                return false;
            }
            入栈序列索引+1;
        }
    }
    return true;
}
```

该函数使用栈来模拟火车进出站的过程。当遇到出站的字符时，首先检查栈顶元素是否与该字符匹配，如果匹配则将栈顶元素弹出；否则，将入站的字符加入栈中。通过这个过程，可以判断火车的进站顺序是否能够满足出站顺序。

时间复杂度：设 m 为出站序列的长度。在最坏情况下，每个元素都需要进行一次入栈操作和一次出栈操作。因此，总体时间复杂度为 O(m)。

空间复杂度：取决于栈的空间，O(m)

2.1.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. **边界操作**

忘记进行循环条件约束。比如应该加上对于入栈序列索引的判断，避免其超范围。

2. **栈顶指针的构造**

刚开始把栈顶指针实指和虚指搞混，出现错误。后来改成实指。

2.1.6 总结和体会

本道题主要考察栈的使用，栈最大的特点是”后进先出“，在本题中，由于车站是单通道，也符合先进后出的特点，因而适用栈。通过这个题，熟悉了栈的结构特点，以及一些基本的操作。

2.2 布尔表达式

2.2.1 问题描述

计算如下布尔表达式（V|V)&F&(F|V）其中 V 表示 True，F 表示 False，|表示 or，&表示 and，！表示 not（运算符优先级 not> and > or）

2.2.2 基本要求

输入：文件输入，有若干（A<=20）个表达式，其中每一行为一个表达式。表达式有（N<=100）个符号，符号间可以用任意空格分开，或者没有空格，所以表达式的总长度，即字符的个数，是未知的。

输出：对测试用例中的每个表达式输出“Expression”，后面跟着序列号和“:”，然后是相应的测试表达式的结果（V 或 F），每个表达式结果占一行（注意冒号后面有空格）。

2.2.3 数据结构设计

```
/*description:
参考课本上的算数运算，采用栈的结构来进行布尔表达式运算。相比课本，布尔表达式较为简便因为数值只有V or F.
*/
class Stack {
private:
    char data[100]; //栈内元素
    int top;        //栈顶指针
public:
    Stack() : top(-1) {} //初始化栈顶指针
    void push(char c) {  //入栈
        data[++top] = c;
    }
    char pop() {         //出栈
        return data[top--];
    }
    char peek() {        //取栈顶元素
        return data[top];
    }
    bool isEmpty() {     //判空
        return top == -1;
    }
};
```

2.2.4 功能说明（函数、类）

函数一

```
/*
 * @brief            用于返回运算符的优先级
 * @param   op       运算符
 * @return           优先级 3>2>1
 */
int getPrecedence(char op) {
    if (op == '|') return 1;
    if (op == '&') return 2;
    if (op == '!') return 3;
    return 0;
}
```

由于布尔表达式中有多种运算符，在计算时必须要按照优先级运算，而字符的比较不太方便，因此采用此方法将运算符的优先级返回。

函数二

```
/*
 * @brief             用于计算逻辑表达式
 * @param   expression 运算符串
 * @return            true or false
 */
bool evaluateExpression(const char* expression) {
    Stack operandStack ,operatorStack;  // 创建两个栈，一个用于操作数，一个用于操作符
    while (expression[i] != '\0') {    // 从表达式的第一个字符开始，逐个处理字符
        char ch = expression[i];
        if (ch == 空格){ 跳过 }
        else if (ch == '(') {
            operatorStack.push(ch); //遇到左括号就入栈
            i++; }
        else if (ch == 'V' || ch == 'F') {
```

```
            将 'F' 转换为 0，将 'V' 转换为 1
            继续处理连续的 'V' 或 'F' 字符  }
            while (操作符栈非空 && 操作符栈顶为 非)
                处理前置的逻辑非操作符 '!'
            operandStack.push(t);    // 将结果压入操作数栈
        }
        else if (ch == '|' || ch == '&') {
            while (操作数栈非空 && 栈中优先级更高) {   // 处理具有较高优先级的操作符
                弹出两个操作数和一个操作符
                // 根据操作符计算结果并将其压入操作数栈
                if (oper == '&') { 与操作 }
                else if (oper == '|') { 或操作 }
            }
            operatorStack.push(ch);  //操作符入栈
            i++;
        }
        else if (ch == '!') {        // 逻辑非 '!'入栈
            operatorStack.push(ch);
            i++;
        }
        else if (ch == ')') {         // 处理右括号
            // 处理与右括号匹配的操作符，直到遇到左括号
            while (操作符栈非空 && 未遇到 '(' ) {
                char op1 && op2 = operandStack.pop();   // 弹出两个操作数和一个操作符
                char oper = operatorStack.pop();
                if (oper == '&') { 与操作 }
                else if (oper == '|') { 或操作 }
            }
            operatorStack.pop();    // 弹出左括号
            处理前置的逻辑非操作符 '!'
            i++;
        }
    }
    while (操作符栈非空) {    // 处理剩余的操作符
        弹出两个操作数和一个操作符
       if (oper == '&') { 与操作 }
                else if (oper == '|') { 或操作 }
    }
    return operandStack.peek() == 1;
}
```

这个函数用于计算逻辑表达式。通过两个栈（操作数栈和操作符栈）来管理表达式的计算过程，首先进行些前提操作，例如将'V''F'转化为 1 和 0，便于计算，并处理前置"!"，然后按照优先级顺序处理与非操作符，并将结果存放在操作数栈中，同时处理右括号与左括号，最后将剩余操作符运算完毕，返回结果。

时间复杂度：主要受表达式长度影响，记为 n。输入表达式为 O(n),在循环处理栈时，最坏下每个操作符都要操作，复杂度为 O(n)，因此总体复杂度为 O(n)。

空间复杂度：主要受栈的使用和表达式长度的影响，总体为 O(n)

2.2.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 数据结构设计有问题

对于逻辑表达式的计算，应该如同算数操作一样，将操作数和操作符放在不同的栈中，所以应该开辟两个栈，operatorStack 和 oprandStack。

2. 测试数据中无论什么表达式，都输出 F

优先级运算有误，新建了一个函数，用于返回优先级，并在操作符入栈时进行优先级判断。

3. 爆栈

第二个测试数据正常但是第三个爆栈，通过比较，猜测是因为之前的算法仅考虑了括号中至多一个操作符，以及进行运算后未及时把操作符（例如!）弹出。优化了右括号判断，以及及时将操作符出栈。

2.2.6 总结和体会

本道题主要考察栈的综合应用，在逻辑表达式计算时，需要把操作数和操作符分开计算，并且需要考虑操作符的优先级，以及括号的处理。体会到了，对于一些问题，还可以构造多个栈，彼此配合；来使用。

2.3 最长子串

2.3.1 问题描述

已知一个长度为 n，仅含有字符'('和')'的字符串，请计算出最长的正确的括号子串的长度及起始位置，若存在多个，取第一个的起始位置。

2.3.2 基本要求

子串是指任意长度的连续的字符序列。

例 1：对字符串 "(()()))()"来说，最长的子串是"(()())"，所以长度=6，起始位置是 0。

例 2：对字符串")()"来说，最长的子串是"()",子串长度=2，起始位置是 1。

例 3：对字符串""来说，最长的子串是"",子串长度=0，空串的起始位置规定输出 0。

2.3.3 数据结构设计

```
/*description:
读题后发现，测试数据长度会很大，因此采用链表实现栈，同时由于要求索引，因而在栈节点中就保留下索引
*/
class Stack { //链表栈
private:
    struct Node //栈节点
    {
        int index;  //索引
        Node *next; //指向下个节点
        Node(int i) : index(i), next(NULL) {} //初始化
    };
    Node *top;      //栈顶指针
public:
    Stack() : top(NULL) {} //初始化栈顶指针
    void push(int index) {}//入栈
    void pop() {}          //出栈
    bool empty() {}        //判空
    int getTopIndex() {}   //获取索引值
};
```

2.3.4 功能说明（函数、类）

```
/*
 * @brief                   用于返回最长匹配序列的长度与位置
 * @param   s               用于传入序列
 * @return maxLen maxStart 最长匹配序列的长度与位置
 */
pair<int, int> longestValidParentheses(string s){
    Stack stk;            // 创建一个栈用于跟踪括号的索引
    int maxLen = 0, maxStart = 0; // 用于记录最长有效括号序列的长度和起始位置
    int lastRight = -1;   // 用于记录上一个未匹配的右括号的位置
    int start = -1;       // 用于记录当前有效括号序列的起始位置
    for (int i = 0; i < s.size(); i++)
    {
        如果 s[i]是左括号:
            if (start == -1) // 并且为起始左括号
                start = i;   // 记录当前有效括号序列的起始位置
            stk.push(i);     // 将左括号的索引入栈
        否则:
            如果栈为空:
                lastRight = i;  // 更新上一个未匹配的右括号位置
                start = -1;     // 重置当前有效括号序列的起始位置
            否则:
                stk.pop();       // 匹配一个右括号，弹出栈顶的左括号索引
                if (栈空){
```

```
                    int currentLen = i - lastRight;
                    if (currentLen > maxLen) { 更新最长有效括号序列的起始位置 }
                }
                else{
                    int currentLen = i - stk.getTopIndex();
                    if (currentLen > maxLen) { 更新最长有效括号序列的起始位置 }
                }
    }
    return {maxLen, maxStart};  // 返回最长有效括号序列的长度和起始位置
}
```

这个函数用于找到最长子串的长度和位置。函数类型为 pair，用于返回多个值。

首先，函数创建了一个名为 stk 的栈，用于跟踪括号的索引，以备后续匹配使用。同时，它初始化了一些变量来记录最长长度、位置，以及上一次未匹配右括号的位置。接下来，函数遍历序列 s，将特定的左括号索引入栈。当遇到右括号时，函数检查栈中是否有可以与之匹配的左括号，如果有匹配的左括号，则将其弹出栈，并更新相关的变量。通过这个过程，函数最终能够找到最长子串的长度和位置。

时间复杂度：主要时间开销为遍历字符串 s，其他大部分操作，如 push，pop 都是常数时间，因此时间复杂度为 O(n).

空间复杂度：主要空间开销是用来跟踪括号索引的栈 stk，最坏情况下，s 中所有括号都是匹配的，因此站的大小会达到字符串长 O(n/2)，其他变量只占用常数空间，因此空间复杂度为 O(n)。

2.3.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. **没有存索引位置**

第一版只输出最大长度，没有起始位置，原因是没有如同最大长度一样同步更新最大子串的起始位置。修改方法，添加了一个变量 maxStart，跟随 maxLen 同步更新。

2. **数组越界**

没有认真读题，测试数据可以达到很大的规模，使用静态栈不仅效率慢，而且不可以动态增加空间，因此考虑使用链表模拟栈，可以适应不同规模的数据，并且提高了效率。

3. **非法右括号的处理**

刚开始因为全是合法的一对一括号对，所以没有考虑非法右括号的处理，但是实际测试数据存在非法的右括号。

修改方法：在遇到右括号时，先检查 stk 是否为空，如果为空，则表示没有与当前右括号匹配的左括号，执行以下操作：更新 lastRight 为当前右括号位置’i’用于记录上一个未匹配的右括号，同时重置 start 为-1，表示当前有效括号序列的起始位置无效。

2.3.6 总结和体会

本道题考察了栈的链表形式，链表栈相比于静态栈有以下优点：动态大小，不易溢出，但是空间开销大，时间复杂度较高，这是因为链表通过指针进行链接。同时，需要注意，链表栈涉及了动态内存申请，需要在出栈操作中将申请的内存释放回收。

通过这道题，我更深刻地理解了栈的不同形式的优点与不足，以及如何根据问题选择适当的数据结构。同时，学会了要对特殊情况进行必要的考虑。

2.4 队列的应用

2.4.1 问题描述

输入一个 n*m 的 0 1 矩阵，1 表示该位置有东西，0 表示该位置没有东西。所有四邻域联通的 1 算作一个区域，仅在矩阵边缘联通的不算作区域。求区域数。此算法在细胞计数上会经常用到。

2.4.2 基本要求

输入：第 1 行 2 个正整数 n，m， 表示要输入的矩阵行数和列数。第 2—n+1 行为 n*m 的矩

阵，每个元素的值为 0 或 1。

输出：1 行，代表区域数

2.4.3 数据结构设计

```
/*description:
创建链表节点，作为构造链表队列的组成。
*/
struct Node
{
    int data;      //队列节点的数据
    Node* next;    //指向下一个队列节点
};
```

```
/*description:
创建链表队列，用于
*/
class Queue {
private:
    Node* front;  //队首指针
    Node* rear;   //队尾指针
public:
    Queue() : front(NULL), rear(NULL) {}  //初始化
    void enqueue(int value) {}            //入队操作
    int dequeue() {}                      //出队操作
    bool isEmpty() {}                     //判空
};
```

2.4.4 功能说明（函数、类）

函数一 BFS 算法

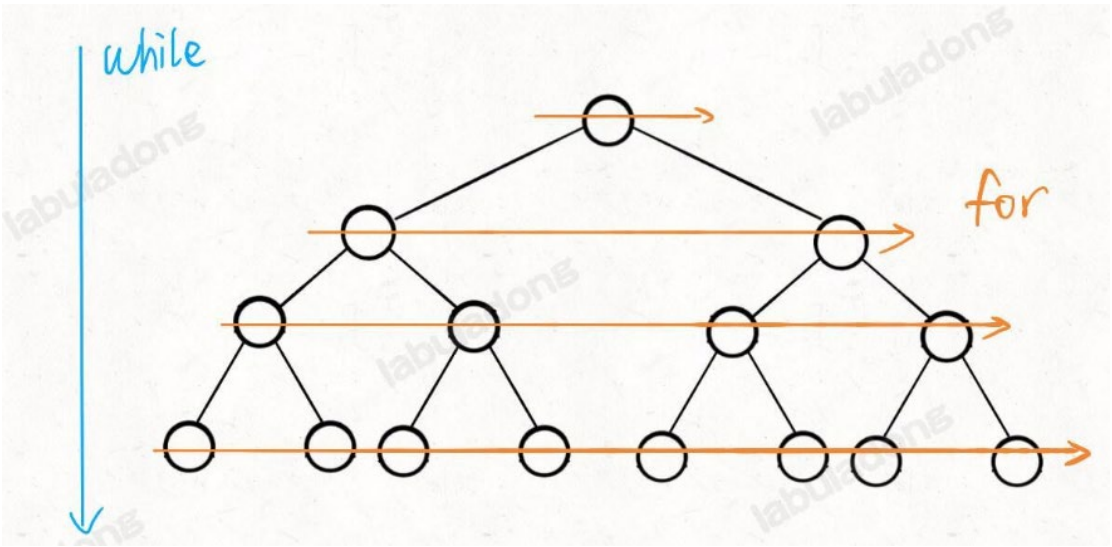


图 1 BFS 算法流程图

由上图可以知道，BFS 算法可以由一个中心点对地图进行扩散性筛查，更符合我们本题计算连通域的思路。

实现方法：

由于 BFS 会在每个岔路口首先储存所有岔道的特性，通常 BFS 会和 Queue（先进先出）一同使用。步骤如下：

① 将根节点加入到 Queue 中

② 使用 while 循环，当 Queue 为空时，结束循环。

③ 将 Queue 中的节点依次 poll 出来检查。

④ 如果没有找到要找的值，就将 poll 出来的节点的子节点再加入到 Queue 中（如果没有子节点就不加）。

常见使用场景：

① 连通块问题（Connected Component）

连通块问题是指通过一个点找到图中所联通的所有点的问题。这类问题我们可以用经典的 BFS 加上 HashSet 来解决。

② 分层遍历（Level Order Traversal）

分层遍历问题要求我们在图中按层次进行遍历，常见的分层遍历问题有简单图的最短路径问题(Simple Graph Shortest Path) *Note: 简单图指的是每条边的距离相等，或者都视作长度为单位 1 的图。*

③ 拓扑排序（Topological Sorting）

本题中算法实现：

```
/*
 * @brief                   以 BFS 方式遍历矩阵中的连通区域
 * @param   i j             起始点坐标
 * @param   m n             矩阵行数和列数
 * @param   visited         用于记录已访问节点的二维布尔数组
 * @param   matrix          表示矩阵的二维整数数组
 * @param   queue           存储待处理节点的队列
 * @return 采用指针形式修改实参，返回空
 */
void bfs(int i, int j, int m, int n, bool **visited, int **matrix, Queue
&queue){
    int dx[] = {-1, 1, 0, 0};
    int dy[] = {0, 0, -1, 1};   //定义偏移量
    visited[i][j] = true;       //标记起点为visited
    queue.enqueue(i * n + j);   //将起点入队
    while (队列非空){
        int cell = queue.dequeue();
        int x = cell / n;int y = cell % n; //从出队元素获取坐标
        for (int k = 0; k < 4; k++){       //遍历相邻的四个端点
            int newX = x + dx[k];int newY = y + dy[k];//根据偏移量表示四个端点坐标
            if (四个端点在地图范围内&& 端点未被访问 && 地图上该点为 1){
                visited[newX][newY] = true; //标记该端点
                queue.enqueue(newX * n + newY); //将新标记的端点入队
            }
        }
    }
}
```

这个函数整个逻辑思路是使用 BFS 算法从起始点出发，不断遍历矩阵中与当前节点相邻且未被访问的节点，直到无法再访问到新的节点为止，这个过程用于下面计算矩阵中的连通区域。

时间复杂度：遍历矩阵中的每个节点，因此时间复杂度是 O(m*n+4m*n)其中 m 为行数，n 为列数，简化为 O(N)，其中 N 代表节点个数。

空间复杂度：主要为 visited 矩阵和 queue 的空间占用，总体为 O(m*n)

函数二 计算连通域

```
/*
 * @brief                   以 BFS 方式计算连通域个数
 * @param   m n             矩阵行数和列数
 * @param   matrix          表示矩阵的二维整数数组
 * @return  count           返回连通域个数
 */
int countRegions(int **matrix, int m, int n)
```

```
{
    //动态申请一个二维 bool 数组用来标记节点是否被访问过，避免回走
    bool **visited = new bool *[m];
    int count = 0; // 用于计数连通块的数量
    Queue queue;   // 创建一个队列用于 BFS
    for (int i = 0; i < m; ++i)
        初始化 visited 数组，将所有节点标记为未访问
    // 遍历矩阵中的每个节点
    for (int i = 0; i < m; i++){
        for (int j = 0; j < n; j++){
            // 如果当前节点是一个已访问的连通块的一部分，跳过
            if (节点为 1 并且未被访问){
                if (当前节点位于矩阵的边界上)
                    continue; // 不处理
            // 使用 BFS 从当前节点开始探索一个新的连通块
                bfs(i, j, m, n, visited, matrix, queue);
                count++; // 增加连通块的计数
            }
        }
    }
    释放 visited 数组的内存
    return count;
}
```

这段代码的主要目标是通过 BFS 算法计算给定矩阵中的连通块数量。首先，通过一个二维 bool 数组 visited 标记已访问的节点，以避免重复访问。然后，通过遍历矩阵的每个节点，检查是否存在未访问的连通块的起始点。对于每个发现的起始点，使用 BFS 算法来遍历并标记整个连通块，并增加计数以记录发现的连通块数量。

时间复杂度：初始化 visited 矩阵，复杂度为 O(m*n)，对于每个连通块，BFS 的时间复杂度为 O(N + 4N)，其中 N 为节点的数量。遍历每个连通块造成 count * (N + 4N) 的时间复杂度。因此，总的时间复杂度为 O(m * n + count * N)，其中 count 通常远小于 m * n，因此最终可以近似表示为 O(m * n)。

空间复杂度：主要为 visited 矩阵和 queue 的空间占用，总体为 O(m*n)

2.4.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 区域计算有误

题目要求：位于矩阵边缘的不算做区域。第一版未考虑到。修改方法：在查找连通块中心时，如果遇到位于边界的点，continue 跳过。

2. 内存越界

尝试过使用循环队列，但是发现测试数据中后几个矩阵规模很大，使用静态循环队列必定有问题。

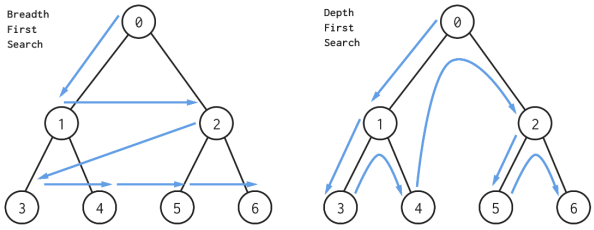
修改方法：修改成链表队列，优点是可以动态修改队列大小。

3. 死循环或超时

原因是因为在 BFS 算法中没有标记端点是否走过，有可能陷入死循环或重复访问。修改方法：申请一个 bool 二维数组 visited 用于标记地图上各个点有没有走过。

4. 使用 DFS 算法造成超时及爆栈

原因是因为 DFS 算法通常是递归调用来遍历矩阵，每次递归调用都会将当前节点入栈，当矩阵规模很大时，递归深度很深，导致栈溢出。



修改方法：改用BFS算法配合队列来管理节点遍历顺序，因此不会出现递归深度问题。而且 BFS 通常在许多情况下，尤其是在找到最短路径或最短步骤的问题中，是更为有效的选择，因为它会逐层遍历，保证首次到达目标的路径就是最短的。

2.4.6 总结和体会

本道题考察了队列的使用，队列是一种先进先出，只可在头尾进行操作的数据结构。同时，也学习了 BFS 和 DFS 算法，BFS 相较于 DFS 盲目搜索，更有一定的层次性，BFS 按层搜索的方式可以避免栈溢出，类似于辐射式扩散，对于图像，矩阵处理有其优势。

一个好的算法要求时间复杂度和空间复杂度低，如何选择适当的算法，我还需要继续深入学习。

2.5 队列中的最大值

2.5.1 问题描述

给定一个队列，有下列 3 个基本操作：

（1）Enqueue(v)：v 入队

（2）Dequeue()：使队首元素删除，并返回此元素

（3）GetMax()：返回队列中的最大元素

请设计一种数据结构和算法，让 GetMax 操作的时间复杂度尽可能地低。

2.5.2 基本要求

输入：第 1 行 1 个正整数 n,表示队列的容量(队列中最多有 n 个元素)，接着读入多行，每一行执行一个动作。若输入"dequeue"，表示出队，当队空时，输出一行“Queue is Empty”;否则，输出出队的元素；若输入"enqueue m"，表示将元素 m 入队,当队满时(入队前队列中元素已 n 个)，输出"Queue is Full"，否则，不输出；若输入"max",输出队列中最大元素，若队空，输出一行“Queue is Empty”。若输入"quit",结束输入，输出队列中的所有元素。

输出：输出多行，分别是执行每次操作后的结果

2.5.3 数据结构设计

```
/*description:
使用双向链表构成队列的节点
*/
class Node {       //双向链表节点
public:
    int value;     //队列节点的值
    Node* next;    //指向下一个节点
    Node* prev;    //指向前一个节点
    Node(int val) : value(val), next(NULL), prev(NULL) {} //初始化
};
```

```
/*description:
 * MaxQueue 是一个基于双向链表的队列数据结构，支持入队、出队和最大值查询操作。
*/
class MaxQueue {
private:
    int n;           // 队列的容量
    int count;       // 队列中当前元素数量
    Node* front;     // 队首指针
    Node* rear;      // 队尾指针
    Node* maxNode;   // 用于跟踪当前队列中的最大值节点
```

```
public:
    MaxQueue(int capacity) : n(capacity), count(0), front(NULL), rear(NULL), maxNode(NULL) {}
    void enqueue(int value) {} //入队
    int dequeue() {}  //出队
    int getMax() {}   //获取最大值
    bool isFull() {}  //判满
    bool isEmpty() {} //判空
};
```

2.5.4 功能说明（函数、类）

函数一 入队

```
/*
 * @brief                   将一个元素入队，同时维护最大值
 * @param   value           待入队的元素值
 * @return                  无返回值
 */
void enqueue(int value) {
    判满
    Node* newNode = new Node(value);// 创建一个新的节点，存储待入队的元素值
    if (!front) {
        front=rear=maxNode=newNode;//如果队列为空，将新节点设置为队列的唯一节点
    }
    else {
        rear->next = newNode;// 队列非空，将新节点添加到队列尾部
        newNode->prev = rear;//同时修改前驱后驱指针
        rear = newNode;
        if (value >= maxNode->value) {
            maxNode=newNode;//如果新元素的值大于等于当前最大值，更新最大值节点
        }
    }
    // 增加队列中的元素计数
    count++;
}
```

这个函数通过双向链表的操作将新元素加入到队尾，并在每一次入队时，追踪元素值，如果超过最大元素，则更新最大元素。

时间复杂度：创建新节点时间复杂度为 O(1)，因为只涉及分配内存与初始化。添加新节点也为 O(1)，只涉及指针修改操作。更新最大值也为 O(1)，因为有现成的最大元素节点，同其比较一次即可。所以总体时间复杂度为 O(1)。

空间复杂度：主要涉及新节点的内存分配和存储额外指针，总体空间复杂度为

函数二 出队

```
/*
 * @brief                   出队操作，返回出队的元素值
 * @return value            出队的元素值
 */
int dequeue() {
    判空
    Node* removed = front; // 从队列的前端移除一个节点
    int value = removed->value; // 获取被出队节点的元素值并保存在变量 value 中
    front = front->next; // 更新队列的 front 指针，使其指向下一个节点
    if (被出队的节点 removed 是队列中的最大值节点 maxNode) {
        maxNode = front; // 先假定当前 front 为最大值节点
        Node* current = front;
        while (current) { // 找到新的最大值节点，并将其赋给 maxNode
            if (current->value >= maxNode->value)
                maxNode = current;
```

```
            current = current->next;
        }
    }
    delete removed;  count--;// 删除被出队的节点以释放内存，队列元素计数--
    return value;  // 返回被出队的元素值
}
```

这个函数通过通过双向链表操作将队首元素出队，同时，由于需要维护最大值节点，所以如果出队元素恰为出队元素时，需要重新遍历队列找出最大元素。

时间复杂度：一般情况下，只需要删除节点即可，时间复杂度为 O(1)。当出队元素恰为出队元素时，需要重新遍历队列找出最大元素，时间复杂度为 O(n)。

空间复杂度：主要受节点的内存消耗影响，总体空间复杂度为 O(1)

函数三 其他操作

```
/*
 * @brief                    包括返回最大值，判空判满操作
 */
int getMax() {    //返回最大值节点元素
    判空
    return maxNode->value;
}
bool isFull() {  //判满
     return count == n;
}
bool isEmpty() { //判空
     return front == NULL;
}
```

由于队列中已存在储存最大元素值的节点，因此要求返回最大元素，只需要返回最大值元素节点的值即可；其他判满判空，也只需要比较指针是否非空，元素是否超限即可。

因此三个的时间复杂度都为 O(1)

2.5.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. **超时 TimeOut**

第一版代码在矩阵大时超时，这是因为使用了 countElements 函数用于计算队列中元素数量时，该函数的时间复杂度为 O(n)。在每次判断队列是否已满时，都需要调用 countElements 函数，导致时间复杂度较高。超时的部分代码如图 2

```
int countElements() {
    int count = 0;
    Node* current = front;
    while (current) {
        count++;
        current = current->next;
    }
    return count;
}
```

图 2 超时代码

```
void enqueue(int value) {
    // ...
    count++; // 更新计数器
}
int dequeue() {
    // ...
    count--; // 更新计数器
    return value;
}
bool isFull() {
    return count == n; // 修改判断条件
}
```

图 3 修改代码

解决办法：如图 3，在队列中维护一个计数器(count)，每次 enqueue 和 dequeue 操作时，根据情况更新计数器的值。这样，在判断队列是否已满时，只需要比较计数器的值与队列容量 n 的关系即可，时间复杂度为 O(1)。

2. **未考虑删除节点为最大值节点**

第一版代码在删除时，没有考虑到删除的节点可能为最大值元素，最大值节点应

当在出队操作时进行更新。解决办法：在出队时，将出队元素与最大值元素比较，如果相等，应当重新遍历队列，更新最大值。

2.5.6 总结和体会

本道题主要收获就是，深刻认识到了算法的重要性，本着封装函数的思路，想要把一些语句都封装成函数，但是忘记了函数调用会消耗时间，同时，一些简单功能，不需要函数来实现，例如上面的 cout 计数器，使用函数反复调用反而超时，不如使用计数器，在需要时进行更新。

3. 实验总结

在本次的作业中，我学习了栈和队列两种数据结构，并进行了一些练习。通过这些题目，我更好地认识了栈（后进先出）和队列（先进先出）的特点，以及它们的适用情况，并了解到使用时应当注意的细节。

同时，我也学习到了两个新的搜索算法，DFS 和 BFS，并且在实际体验中比较了两者的区别。BFS 更适用于本次作业中的辐射式搜索。

最后，我也意识到一个好的算法要求时间复杂度和空间复杂度低，如何选择适当的算法，我还需要继续深入学习。