项目说明文档

数据结构课程设计

——勇闯迷宫游戏

作 者 姓 名：张翔

学　　号：2352985

指 导 教 师：张颖

学院、 专业：计算机科学与技术学院 软件工程

同济大学

Tongji University

二〇二四 年 十二 月 七 日

1 项目分析

1.1 项目背景分析

迷宫问题源自经典的算法和数据结构研究场景，广泛应用于路径规划、机器人导航和游戏开发等领域。它模拟了在有限空间内解决复杂问题的过程，展示了回溯法在搜索问题中的实际应用。通过设计勇闯迷宫的游戏项目，可以帮助用户理解数据结构的组织方式和回溯算法的基本原理，同时培养解决问题的逻辑思维能力，为后续深入学习算法和系统开发奠定基础。

1.2 项目需求分析

本项目需要构建一个迷宫环境，包含入口和出口，并在其中随机生成障碍物。骑士需要从入口出发，基于回溯法探索通往出口的路径。系统需能够记录和显示搜索路径，并在找到出口时终止搜索。此外，程序应能有效处理迷宫中的所有点，以避免重复访问，并能够在所有路径探索失败时提示无解的结果，从而满足模拟复杂路径搜索的需求。

1.3 项目功能分析

(1)迷宫初始化：根据用户输入的迷宫大小动态生成一个包含障碍物的迷宫，并设置入口和出口的位置。

(2)路径搜索：实现回溯算法，从入口出发，按照设定的优先级逐步探索可行路径，记录已访问点并判断当前路径的可行性。

(3)路径显示：在成功找到路径后，显示完整的通路信息，将路径标记为显著状态；若无解，则提示无解信息。

(4)错误处理：在动态内存分配失败或非法输入时，提供友好的错误提示，确保程序稳定性。

2 项目设计

2.1 结构体和类设计

2.1.1 MyLinkNode 结构体的设计

2.1.1.1 概述

MyLinkNode 是一个模板结构体，表示链表节点。它包含两个成员：存储节点的数据和指向下一个节点的指针，它定义了两个构造函数，一个为默认，另一个为有参数输入。

2.1.1.2 类定义

```
template <typename Type>
```

```
struct MyLinkNode
{
    Type data;
    MyLinkNode<Type>* link;
    MyLinkNode(MyLinkNode<Type>* ptr = nullptr) : link(ptr) {}
    MyLinkNode(const Type& item, MyLinkNode<Type>* ptr = nullptr) : data(item),
link(ptr) {}
};
```

2.1.2 MyQueue 类的设计

2.1.2.1 概述

MyQueue 是一个基于链表实现的模板队列类，包含 front 和 rear 指针分别指向队列的头部和尾部，count 用于记录队列中元素的个数。该类提供了基本的队列操作，包括构造函数和析构函数。通过 isEmpty()判断队列是否为空,Size()返回队列中元素的数量。enQueue()用于将元素加入队尾，deQueue()从队头移除并返回元素，getHead()获取队头元素。

2.1.2.2 类定义

```
template <typename Type>
class MyQueue
{
private:
    MyLinkNode<Type>* front;
    MyLinkNode<Type>* rear;
    int count;
public:
    MyQueue() : front(nullptr), rear(nullptr), count(0) {}
    ~MyQueue() { makeEmpty(); }
    bool isEmpty() const;
    void makeEmpty();
    int Size()const;
    void enQueue(const Type& item);
    bool deQueue(Type& item);
    bool getHead(Type& item);
```

```
};
```

2.1.3 MyStack 类设计

2.1.1.1 概述

MyStack 类实现了一个基于链表的栈数据结构。该类包含私有成员 topNode，用于指向栈顶元素的节点，count 用于记录栈中元素的数量 max_size 限制栈的最大容量。构造函数提供了默认栈大小为 100 的选项，也允许通过指定大小来创建栈。析构函数会在销毁栈对象时清空栈内容。主要的成员函数包括：isEmpty()检查栈是否为空，makeEmpty()清空栈，Size()获取栈中元素数量，Push()向栈中压入元素，Pop()从栈中弹出元素，getTop()获取栈顶元素的值。

2.1.1.2 类定义

```
template <typename Type>
class MyStack
{
private:
    MyLinkNode<Type>* topNode;
    int count;
    int max_size;
public:
    MyStack() : topNode(nullptr), count(0), max_size(100) {}
    MyStack(int size) : topNode(nullptr), count(0), max_size(size) {}
    ~MyStack() { makeEmpty(); }
    bool isEmpty() const;
    void makeEmpty();
    int Size() const;
    bool Push(Type& item);
    bool Pop(Type& item);
    bool getTop(Type& item);
};
```

2.1.4 Maze 类设计

2.1.4.1 概述

Maze 类是一个用于表示和操作迷宫的结构，支持迷宫的生成与路径搜索。该类包括迷宫的行列数、起点和终点坐标等基本属性，以及当前遍历位置和迷宫格点的状态管理。

Maze 使用嵌套的 MazePoint 结构来存储每个迷宫单元的信息，并提供一个动态分配的二维数组 maze 来表示迷宫布局。它支持迷宫的自动生成功能，提供了 generateMaze 方法用于随机生成迷宫结构，并可以标记邻近的墙体。

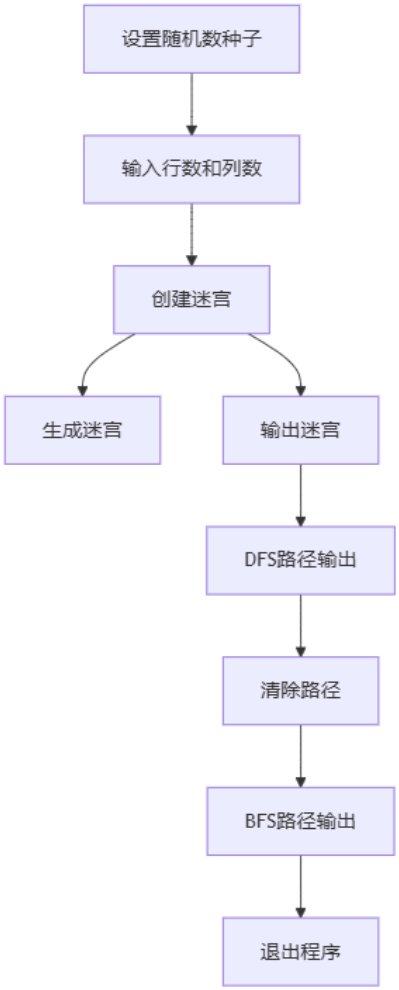
路径搜索方面，Maze 实现了深度优先搜索 (DFS) 和广度优先搜索 (BFS) 方法，用于判断从入口到出口是否存在通路并输出路径。此外，类内包含辅助函数如 isValid 用于判断位置合法性，以及 pushList 和 popList 操作迷宫点列表，便于管理路径和墙体。整体设计适用于迷宫相关的生成与求解问题。

2.1.4.2 类定义

```
class Maze
{
private:
    int rows;
    int cols;
    int startRow;
    int startCol;
    int targetRow;
    int targetCol;
    int currRow;
    int currCol;
    struct MazePoint;
    MazePoint** maze;
    MazePoint* mazePointList;
    int mazePointListCount;
    bool pushList(const MazePoint point);
    bool popList(int index);
public:
    Maze(int _rows, int _cols, int _startRow, int _startCol, int _targetRow, int
_targetCol);
    ~Maze();
    bool isValid(int row, int col) const;
    void generateMaze();
```

```
    void generateMaze(int row, int col);
    void findAdjacentWalls();
    void ouputMaze();
    bool DFS();
    bool BFS();
};
```

2.3 项目主体架构设计



2.3.1 项目主题架构流程图

3 项目功能实现

3.1 项目主体架构实现

3.1.1 项目主题架构实现思路

这段代码的具体实现思路是：

首先通过 main 函数启动程序，并设置随机数种子以确保迷宫的随机性。然后进入 mazeGame 函数，用户输入迷宫的行列数，并通过 Maze 类创建迷宫对象，使用递归的 generateMaze 函数生成迷宫。接着输出生成的迷宫，并使用深度优先搜索（DFS）算法寻找路径并显示。然后清除 DFS 路径，使用广度优先搜索（BFS）算法重新计算路径并显示。最后，程序退出，完成游戏。

3.1.2 项目主体架构核心代码

```
void mazeGame()
{
    std::cout << "=== 勇闯迷宫游戏 ===" << std::endl << std::endl;

    int _rows = inputOdd(MIN_ROWCOL, MAX_ROWCOL, "行数");
    int _cols = inputOdd(MIN_ROWCOL, MAX_ROWCOL, "列数");

    Maze maze(_rows, _cols, START_ROW, START_COL, _rows - 2, _cols - 2);
    maze.generateMaze(START_ROW, START_COL);

    // 输出生成的迷宫
    std::cout << std::endl << ">>> 生成的迷宫如下: " << std::endl;
    maze.ouputMaze();

    // DFS 算法生成路径
    std::cout << std::endl << ">>> DFS 算法生成的路径为: " << std::endl;
    maze.DFS();

    // 清除上个算法产生的路径
    maze.clearPaths();
```

```
    // BFS 算法生成路径
    std::cout << std::endl << ">>> BFS 算法生成的路径为: " << std::endl;
    maze.BFS();
}

int main()
{
    // 设置随机数种子
    srand((unsigned int)(time(0)));

    // 进入迷宫游戏
    mazeGame();

    // 退出程序
    return 0;
}
```

3.2 迷宫生成算法实现

3.2.1 迷宫生成算法实现思路

这段代码通过深度优先的方式生成迷宫,具体实现思路如下:

(1)定义了一个包含四个方向（上、下、左、右）的方向数组，并随机打乱方向顺序。

(2)从当前给定的起始位置（row 和 col）出发，依次尝试四个方向。对于每个方向，根据当前方向计算新的位置。如果新的位置在迷宫范围内且未被访问（即是墙壁），则通过设置当前节点与新节点之间的墙壁为通路，从而打通一条路径，并递归地对新位置进行相同的操作。

(3)递归继续进行,直到所有可能的路径都被探索到。通过这种方式,迷宫的每个通路都被打通,而墙壁仍然保留在其他未访问的区域。

3.2.2 迷宫生成算法核心代码

```
void Maze::generateMaze(int row, int col)
{
    Direction directions[4] = { Up,Down,Left,Right };
```

```
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        int r = rand() % 4;
        Direction temp = directions[i];
        directions[i] = directions[r];
        directions[r] = temp;
    }
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        int newRow = row;
        int newCol = col;
        switch (directions[i]) {
            case Up:
                newRow -= 2;
                break;
            case Down:
                newRow += 2;
                break;
            case Left:
                newCol -= 2;
                break;
            case Right:
                newCol += 2;
                break;
        }
        if (isValid(newRow, newCol) && maze[newRow][newCol].isWall) {
            maze[(row + newRow) / 2][(col + newCol) / 2].isWall = false;
            maze[newRow][newCol].isWall = false;
            generateMaze(newRow, newCol);
        }
    }
}
```

3.3 迷宫寻路算法实现

3.3.1 广度优先算法的实现

3.3.1.1 广度优先算法实现思路

这段代码的具体实现思路如下:

首先，通过动态分配二维数组初始化访问矩阵（visit）和父节点矩阵（parent），用于记录节点访问状态和路径的父子关系。将起点加入队列并标记为已访问，然后进入主循环：每次从队列中取出一个节点，判断是否到达目标位置；若到达，则沿父节点矩阵回溯重建路径，并标记路径上的节点。若未到达，则检查当前节点的四个方向，筛选出未访问且非墙体的相邻节点，将其加入队列并更新访问状态及父节点矩阵。

循环结束后，若队列为空但未找到目标，返回失败结果。最后释放所有动态分配的内存，确保程序稳定性和资源回收。

3.3.1.2 广度优先算法核心代码

```
bool Maze::BFS()
{
    // 初始化访问矩阵和父节点矩阵
    bool** visit = new (std::nothrow) bool* [rows];
    Coordinate** parent = new (std::nothrow) Coordinate * [rows];
    if (visit == nullptr || parent == nullptr) {
        cerr << "Error: Memory allocation failed." << endl;
        exit(-1);
    }
for (int i = 0; i < rows; i++) {
    visit[i] = new (std::nothrow) bool[cols];
    parent[i] = new (std::nothrow) Coordinate[cols];
    if (visit[i] == nullptr || parent[i] == nullptr) {
        cerr << "Error: Memory allocation failed." << endl;
        exit(-1);
    }
    for (int j = 0; j < cols; j++) {
        visit[i][j] = false;
        parent[i][j] = { -1, -1 }; // 初始化父节点为无效坐标
```

```
    }
}

// 使用自定义队列初始化和路径记录
MyQueue<Coordinate> BFS_Queue;
Coordinate start{ startRow, startCol };
BFS_Queue.enqueue(start);
visit[startRow][startCol] = true;

while (!BFS_Queue.isEmpty()) {
    Coordinate current;
    BFS_Queue.dequeue(current);

    // 判断是否到达目标位置
    if (current.row == targetRow && current.col == targetCol) {
        // 重建路径
        Coordinate pathPoint = current;
        while (pathPoint.row != startRow || pathPoint.col != startCol) {
            maze[pathPoint.row][pathPoint.col].isPath = true;
            pathPoint = parent[pathPoint.row][pathPoint.col];
        }
            maze[startRow][startCol].isPath = true;

            // 释放内存
            for (int i = 0; i < rows; i++) {
                delete[] visit[i];
                delete[] parent[i];
            }
            delete[] visit;
            delete[] parent;
```

```
            ouputMaze();
            return true;
        }

        // 遍历当前节点的邻接节点
        static const int directions[4][2] = { {-1, 0}, {1, 0}, {0, -1}, {0, 1} };
        for (const auto& dir : directions) {
            int newRow = current.row + dir[0];
            int newCol = current.col + dir[1];

            // 确保新位置在范围内且未访问且不是墙
            if (newRow >= 0 && newRow < rows && newCol >= 0 && newCol < cols &&
                !visit[newRow][newCol] && !maze[newRow][newCol].isWall) {
                Coordinate next{ newRow, newCol };
                BFS_Queue.enqueue(next);
                visit[newRow][newCol] = true;
                parent[newRow][newCol] = current; // 记录父节点
            }
        }
    }

    // 如果队列为空且未找到目标，释放内存
    for (int i = 0; i < rows; i++) {
        delete[] visit[i];
        delete[] parent[i];
    }
    delete[] visit;
    delete[] parent;

    return false; // 未找到目标
}
```

3.3.2 深度优先算法的实现

3.3.2.1 深度优先算法实现思路

这段代码的具体实现思路如下:

首先，通过动态分配内存创建一个访问矩阵 visit 来记录每个位置是否已被访问，并将起点入栈。算法在栈不为空时循环进行，每次从栈顶取出一个节点作为当前探索位置，并标记为已访问。如果当前节点为目标节点，则回溯栈中的路径并标记为路径，输出迷宫。如果不是目标节点，算法将探索当前节点的四个邻居（上、下、左、右），对于未访问且不是墙壁的邻居，入栈继续深入。如果所有邻居都不可达，则回溯弹出栈顶节点，尝试新的路径。若栈为空仍未找到目标，则返回失败。最后，无论是否找到路径，都需要释放动态分配的内存。

3.3.2.2 深度优先算法核心代码

```
bool Maze::DFS()
{
    bool** visit = new (nothrow)bool* [rows];
    if (visit == nullptr) {
        cerr << "Error: Memory allocation failed." << endl;
        exit(-1);
    }
    for (int i = 0; i < rows; i++) {
        visit[i] = new(nothrow) bool[cols];
        if (visit[i] == nullptr) {
            cerr << "Error: Memory allocation failed." << endl;
            exit(-1);
        }
        for (int j = 0; j < cols; j++) {
            visit[i][j] = false;
        }
    }

    MyStack<Coordinate> DFS_Path(rows * cols);
    Coordinate start{ startRow ,startCol };
    DFS_Path.Push(start);
```

```
    while (!DFS_Path.isEmpty()) {
        Coordinate current;
        DFS_Path.getTop(current);
        currRow = current.row;
        currCol = current.col;
        visit[currRow][currCol] = true;

        if (currRow == targetRow && currCol == targetCol) {
            for (int i = 0; i < rows; i++)
                delete[] visit[i];
            delete[] visit;
            while (!DFS_Path.isEmpty()) {
                Coordinate pathPoint;
                DFS_Path.Pop(pathPoint);
                maze[pathPoint.row][pathPoint.col].isPath = true;
            }
            ouputMaze();
            return true;
        }

        Coordinate temp;
        if ((visit[currRow - 1][currCol] || maze[currRow - 1][currCol].isWall) &&
            (visit[currRow + 1][currCol] || maze[currRow + 1][currCol].isWall) &&
            (visit[currRow][currCol - 1] || maze[currRow][currCol - 1].isWall) &&
            (visit[currRow][currCol + 1] || maze[currRow][currCol + 1].isWall) ) {
            DFS_Path.Pop(temp);
        }
        else {
            if (!visit[currRow - 1][currCol] && !maze[currRow - 1][currCol].isWall)
{
```

```
                temp = { currRow - 1 ,currCol };
                DFS_Path.Push(temp);
            }
                else if (!visit[currRow + 1][currCol] && !maze[currRow +
1][currCol].isWall) {
                temp = { currRow + 1 ,currCol };
                DFS_Path.Push(temp);
            }
                else if (!visit[currRow][currCol - 1] && !maze[currRow][currCol -
1].isWall) {
                temp = { currRow  ,currCol - 1 };
                DFS_Path.Push(temp);
        }
            else if (!visit[currRow][currCol + 1] && !maze[currRow][currCol +
1].isWall) {
                temp = { currRow ,currCol + 1 };
                DFS_Path.Push(temp);
            }
        }
    }

    for (int i = 0; i < rows; i++)
        delete[] visit[i];
    delete[] visit;
    return false;
}
```

3.2 异常处理功能的实现

3.2.1 动态内存申请失败的异常处理

在进行动态内存申请时，程序使用 new(std::nothrow)来尝试分配内存。new(std::nothrow)在分配内存失败时不会引发异常，而是返回一个空指针（nullptr），代码检查指针是否为空指针，如果为空指针，意味着内存分配失败，这时程序将执行以下操作：

(1)向标准错误流 std::cerr 输出一条错误消息"Error: Memory allocation failed."；

(2)调用 exit 函数，返回错误码-1，用于指示内存分配错误，并导致程序退出。

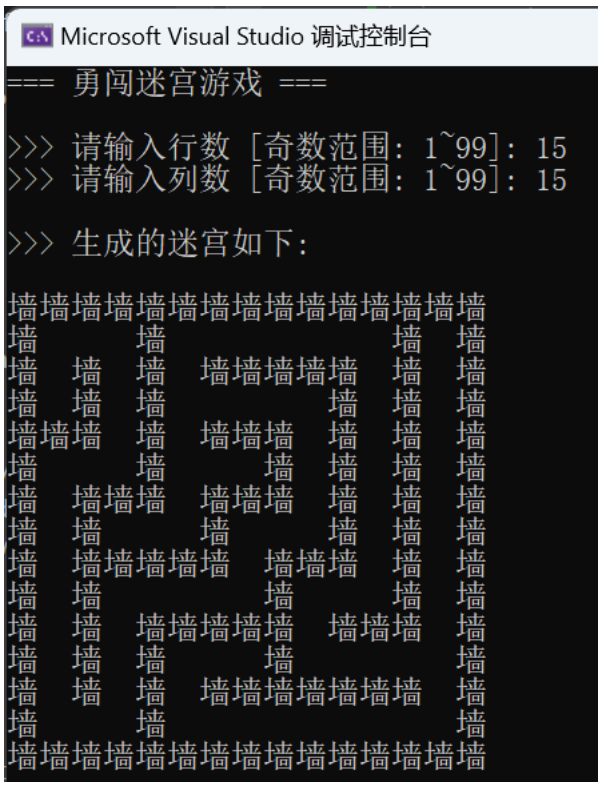
3.2.2 输入非法的异常处理

程序通过调用 inputOdd 函数输入迷宫的宽度和高度。inputOdd 函数用于获取用户输入的整数，同时限制输入必须在指定的范围内，函数的代码如下：

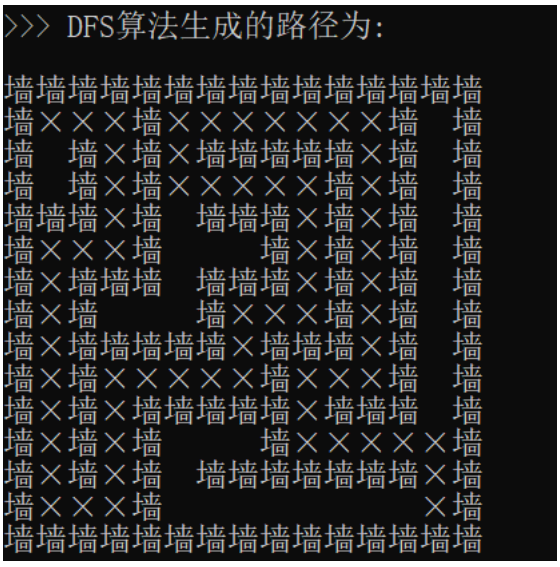
```
int inputOdd(int lowerLimit, int upperLimit, const char* prompt)
{
    cout << ">>> 请输入" << prompt << "[奇数范围: " << lowerLimit << "~" << upperLimit << "]: ";
    int input;
    while (true) {
        cin >> input;
        if (cin.good() && input >= lowerLimit && input <= upperLimit && input % 2 == 1) {
            cin.clear();
            cin.ignore(INT_MAX, '\n');
            return input;
        }
        else {
            cerr << ">>> " << prompt << "输入不合法，请重新输入！" << endl;
            cin.clear();
            cin.ignore(INT_MAX, '\n');
        }
    }
    std::cout << std::endl;
```

}

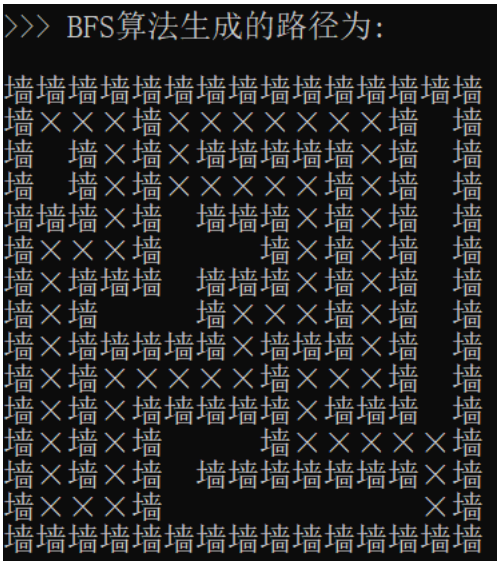
4 项目测试



4.1 迷宫生成功能测试示例



4.2 路径生成 DFS 算法功能测试示例



4.3 路径生成 BFS 算法功能测试示例

5 集成开发环境与编译运行环境

Windows 系统：Windows 11 x64

Windows 集成开发环境：Microsoft Visual Studio 2022 (Release 模式)

Windows 编译运行环境：本项目适用于 x86 架构和 x64 架构