C++ 程序课程设计：五子棋游戏

24-1 班第 2 组

2025 年 6 月 11 日

学号	姓名
2410120028	侯成霖
2410120036	陶勇豪

目录

1 程序说明

本程序是一个基于 Qt 框架的五子棋游戏，支持人机对战和双人对战两种模式。主要功能包括：

- 15×15 标准五子棋棋盘
- 智能 AI 对手（防守优先策略）
- 胜负判定与游戏结束处理
- 胜率统计系统
- 美观的图形界面（棋子渐变效果、悬停提示）
- 游戏模式选择（人机对战/双人对战）

程序采用面向对象设计，核心类包括 GomokuBoard（棋盘逻辑）、AiPlayer（AI 算法）、GameWindow（游戏界面）和 Rating（胜率统计）。

2 程序分析

2.1 需求分析

- **功能需求**：实现五子棋基本规则、AI 对战、胜负判定、历史胜率统计
- **性能需求**：AI 响应时间 <500ms，界面刷新流畅
- **用户体验**：直观的棋盘布局、棋子悬停提示、游戏状态反馈

2.2 设计挑战

- AI 算法需平衡进攻与防守
- 实现高效的五子连珠检测
- 保证界面响应性与美观性
- 胜率数据的持久化存储

3 程序设计

3.1 系统架构

图 1

3.2 核心类设计

- **GomokuBoard**：棋盘状态管理、落子逻辑、胜负判定
- **AiPlayer**：位置评估算法、最优落子点计算
- **GameWindow**：界面绘制、事件处理、游戏流程控制
- **Rating**：胜率计算、数据持久化

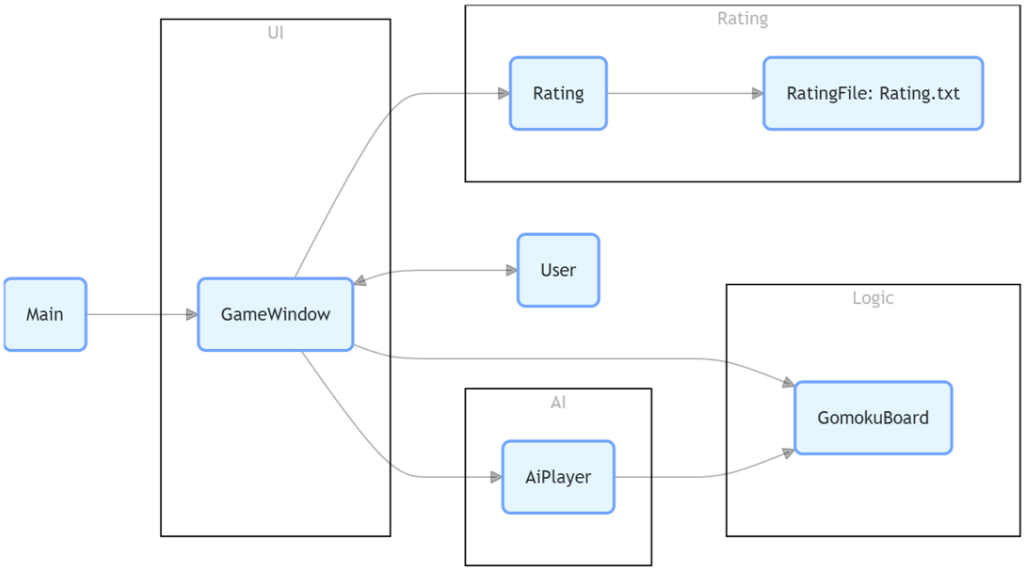


图 1: 系统架构图

3.3 AI 评估算法

采用基于规则的评估函数，考虑因素：

1. **防守优先级**：优先阻断对手四连（100000 分）
2. **进攻机会**：构建自身连珠（优先构建五连 999999 分）
3. **位置价值**：中心区域权重更高

评分权重矩阵：

$$\text{Score} = \sum_{\text{方向}} \begin{cases} 100000 & \text{对手 4 连} \\ 10000 & \text{对手活 3} \\ 5000 & \text{AI 活 3/4 连} \\ 500 & \text{AI 活 2} \end{cases} + 10 \times (n - |x - c| - |y - c|)$$

3.4 胜率统计算法

$$\text{胜率} = \frac{Y}{Y + N} \times 100\%$$

- Y：从 Rating.txt 读取的”Y” 行数
- N：从 Rating.txt 读取的”N” 行数

4 程序实现

4.1 开发环境

- 操作系统：Linux
- 编译器：g++
- GUI 框架：Qt 5.15
- 构建工具：Makefile

4.2 关键实现

4.2.1 棋盘绘制

使用 QPainter 实现高质量棋盘渲染：

```
void GameWindow::drawBoard(QPainter &painter) {

    painter.fillRect(..., QBrush(QColor(210, 180, 140, 180)));

    for (int i = 0; i < m_board.size(); ++i) {
        painter.drawLine(...);
        painter.drawLine(...);
    }

    painter.drawEllipse(QPoint(x, y), 4, 4);
}
```

4.2.2 棋盘底层逻辑

gomokuboard.h

```
#ifndef GOMOKU_BOARD_H
#define GOMOKU_BOARD_H

#include <QVector>

class GomokuBoard {
public:
    enum Piece { Empty, Black, White };

    GomokuBoard(int size = 15);
    virtual ~GomokuBoard() = default;

    bool placePiece(int x, int y, Piece piece);
    bool checkWin(int x, int y) const;
    void reset();

    int size() const { return m_size; }
    Piece pieceAt(int x, int y) const { return m_board[x][y]; }

protected:
    QVector<QVector<Piece>> m_board;
    int m_size;
};
```

```

#endif
```

gomokuboard.cpp

```
#include "gomokuboard.h"

GomokuBoard::GomokuBoard(int size) : m_size(size) {
  reset();
}

void GomokuBoard::reset() {
  m_board.resize(m_size);
  for (auto &row : m_board) {
    row.resize(m_size);
    row.fill(Empty);
  }
}

bool GomokuBoard::placePiece(int x, int y, Piece piece) {
  if (x < 0 || x >= m_size || y < 0 || y >= m_size || m_board[x][y] != Empty) {
    return false;
  }
  m_board[x][y] = piece;
  return true;
}

bool GomokuBoard::checkWin(int x, int y) const {
    Piece currentPiece = m_board[x][y];
    if (currentPiece == Empty) {
        return false;
    }
    const int directions[4][2] = {{1,0}, {0,1}, {1,1}, {1,-1}};

    for (auto &dir : directions) {
        int Count = 1;
        int dx = dir[0], dy = dir[1];

        for (int i = 1; i < 5; ++i) {
            int nx = x + dx * i, ny = y + dy * i;
            if (nx < 0 || nx >= size() || ny < 0 || ny >= size()) break;
            if (pieceAt(nx, ny) == currentPiece) {
                Count++;
            } else {
                break;
            }
        }

        for (int i = 1; i < 5; ++i) {
            int nx = x - dx * i, ny = y - dy * i;
            if (nx < 0 || nx >= size() || ny < 0 || ny >= size()) break;
            if (pieceAt(nx, ny) == currentPiece) {
                Count++;
            } else {
                break;
            }
        }
        if(Count >= 5) return true;
    }
    return false;
```

```
}
```

4.2.3 AI 决策流程

1. 遍历所有空位
2. 计算每个位置的攻防评分
3. 选择最高分位置
4. 随机选择最优位置（防预测）

```
QPoint AiPlayer::calculateAIMove(GomokuBoard m_board) {
  int bestScore = -1;
  QVector<QPoint> bestMoves;

  for (int x = 0; x < m_board.size(); ++x) {
    for (int y = 0; y < m_board.size(); ++y) {
      if (m_board.pieceAt(x, y) == GomokuBoard::Empty) {
        int score = evaluatePosition(x, y, GomokuBoard::White,m_board);
        if (score > bestScore) {
          bestScore = score;
          bestMoves.clear();
          bestMoves.append(QPoint(x, y));
        } else if (score == bestScore) {
          bestMoves.append(QPoint(x, y));
        }
      }
    }
  }

  if (!bestMoves.isEmpty()) {
    int randomIndex = QRandomGenerator::global()->bounded(bestMoves.size());
    return bestMoves[randomIndex];
  }
  return QPoint(-1, -1);
}
int AiPlayer::evaluatePosition(int x, int y, GomokuBoard::Piece aiPiece,GomokuBoard m_board) {
  GomokuBoard::Piece humanPiece = (aiPiece == GomokuBoard::White) ? GomokuBoard::Black : GomokuBoard::White
    ;
  int score = 0;

  const int directions[4][2] = {{1,0}, {0,1}, {1,1}, {1,-1}};

  for (auto &dir : directions) {
    int dx = dir[0], dy = dir[1];
    int aiCount = 1, humanCount = 1;
    bool aiBlocked = false, humanBlocked = false;

    for (int i = 1; i < 5; ++i) {
      int nx = x + dx * i, ny = y + dy * i;
      if (nx < 0 || nx >= m_board.size() || ny < 0 || ny >= m_board.size()) break;
      if (m_board.pieceAt(nx, ny) == aiPiece) {
        aiCount++;
      } else {
        if (m_board.pieceAt(nx, ny) == humanPiece) aiBlocked = true;
        break;
      }
```

```
    }

    for (int i = 1; i < 5; ++i) {
      int nx = x - dx * i, ny = y - dy * i;
      if (nx < 0 || nx >= m_board.size() || ny < 0 || ny >= m_board.size()) break;
      if (m_board.pieceAt(nx, ny) == aiPiece) {
        aiCount++;
      } else {
        if (m_board.pieceAt(nx, ny) == humanPiece) aiBlocked = true;
        break;
      }
    }

    for (int i = 1; i < 5; ++i) {
      int nx = x + dx * i, ny = y + dy * i;
      if (nx < 0 || nx >= m_board.size() || ny < 0 || ny >= m_board.size()) break;
      if (m_board.pieceAt(nx, ny) == humanPiece) {
        humanCount++;
      } else {
        if (m_board.pieceAt(nx, ny) == aiPiece) humanBlocked = true;
        break;
      }
    }

    for (int i = 1; i < 5; ++i) {
      int nx = x - dx * i, ny = y - dy * i;
      if (nx < 0 || nx >= m_board.size() || ny < 0 || ny >= m_board.size()) break;
      if (m_board.pieceAt(nx, ny) == humanPiece) {
        humanCount++;
      } else {
        if (m_board.pieceAt(nx, ny) == aiPiece) humanBlocked = true;
        break;
      }
    }


    if (humanCount >= 4) score += 100000;
    else if (humanCount == 3 && !humanBlocked) score += 10000;
    else if (humanCount == 2 && !humanBlocked) score += 1000;

    if(aiCount == 5) score += 999999;
    else if (aiCount >= 4) score += 5000;
    else if (aiCount == 3 && !aiBlocked) score += 5000;
    else if (aiCount == 2 && !aiBlocked) score += 500;
  }

  int center = m_board.size() / 2;
  int distanceToCenter = std::abs(x - center) + std::abs(y - center);
  score += (m_board.size() - distanceToCenter) * 10;

  return score;
}
```

4.2.4 胜率计算

```
Rating::Rating(): rating(0), Y(0), N(0){
  std::string filename = "Rating.txt";
  std::ifstream file(filename);
```

```
  if (!file) {
    std::ofstream createFile(filename);
    if (createFile) {
      createFile.close();
      file.open(filename);
    }
  }
  std::string line;
  while (std::getline(file, line)) {
    if(line[0] == 'Y')Y++;
    if(line[0] == 'N')N++;
  }
  file.close();
  if (N == 0 && Y == 0) {
    rating = 0;
    message = QString("无信息");
    return;
  } else if (Y == 0) {
    rating = 0;
  } else if (N == 0) {
    rating = 100;
  } else {
    rating = Y / (Y + N) * 100;
  }
  message = QString("您的人机对战胜率为 %1 %").arg(rating, 0, 'f', 2);
}

void Rating::ShowRating(){
  QMessageBox msgBox;
  msgBox.setWindowTitle("胜率");
  msgBox.setText(QString("%1\nYes确认,No清空胜率").arg(message));
  msgBox.setStandardButtons(QMessageBox::Yes | QMessageBox::No);
  msgBox.setDefaultButton(QMessageBox::Yes);
  int ret = msgBox.exec();
  if (ret == QMessageBox::No) {
    std::ofstream file("Rating.txt", std::ios::trunc);
    if (!file) {
      return;
    }
    file.close();
  }
}
```

5 程序测试

5.1 测试用例

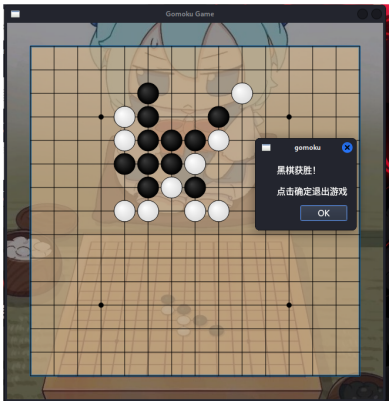
测试项	预期结果	实际结果
人机对战-玩家胜利	胜率记录增加	符合
五连珠检测	正确识别所有方向	通过
边界落子	无崩溃	通过

表 1: 测试结果

5.2 界面测试

(a) 图 1

(b) 图 2



(c) 图 3

图 2: 测试图例

6 任务分工

- **2410120028 侯成霖**：负责底层逻辑，算法，界面开发（GomokuBoard, AiPlayer，GameWindow），Latex 文档贡献度 60%
- **2410120036 陶永豪**：负责文件处理，界面开发（GameWindow，Rating），PPT 贡献度 40%

7 经验总结

7.1 遇到的问题与解决

- **AI 只下左上角**：调整分值评估，越在中间的评分越高
- **边界检测错误**：增加边界检查条件
- **显示程序内存溢出**：调整大小加入检查

7.2 改进方向

- 增加难度级别选择
- 实现悔棋功能
- 添加音效和动画
- 优化 AI 算法（Minimax+Alpha-Beta 剪枝）

7.3 总结体会

通过本项目，我们深入掌握了：

- Qt 框架的图形编程技术

- 游戏 AI 设计原则
- 面向对象设计模式
- 团队协作开发流程

五子棋虽规则简单，但在实现过程中涉及到算法优化、用户体验、代码架构等多方面挑战，是一次宝贵的开发经验。