|  |
| --- |
| **《面向对象程序设计》课程设计报告** |
| **各组员班级姓名：**  **人23级1班刘承晧**  **人23级1班林伟煌**  **人23级1班常艺豪** |
| **分工及贡献比例**  **刘承晧 数独游戏的内部逻辑以及数独控制类的构建，设计类间关系50%**  **林伟煌 数独游戏的输入输出部分25%**  **常艺豪 数独游戏的文件加载部分25%** |
| **需求分析（分析系统的使用者，从使用者角度确定系统的外部接口和用例模型，描述系统的结构、功能、活动、性能等，确定系统的软件需求）**  **一、系统使用者分析**  **在设计和开发本数独游戏系统之前，首先需要明确系统的目标用户，以确保系统能够满足他们的需求。系统的使用者主要包括：**   * **数独玩家：对数独感兴趣的玩家，希望通过游戏放松娱乐，提升逻辑思维能力；或是希望挑战不同难度的数独谜题，提高解题技巧** * **开发者和扩展者：希望在现有系统基础上进行二次开发，添加新功能或移植到其他平台**   **二、系统外部接口和用例模型**  **从使用者的角度出发，我们确定了系统的外部接口和用例模型，以满足不同用户的需求。**  **1.外部接口**   * **用户界面接口：**   1. **控制台界面：通过命令行进行交互，适用于喜欢简洁界面的用户**   2. **图形用户界面（未来扩展）：通过窗口、按钮等进行交互，提供更直观的游戏体验** * **文件接口：**   1. **题库加载接口：支持从外部文件加载数独谜题，方便用户选择不同的谜题**   2. **游戏存档接口：支持保存和加载游戏进度，方便用户中途退出后继续游戏**   **2.用例模型**  **用例1：开始新游戏**   * **参与者：玩家** * **描述：玩家选择开始新游戏，系统提供一个新的数独谜题** * **流程：**   1. **玩家启动.exe文件**   2. **玩家选择一个题目编号**   3. **系统加载并显示数独棋盘**   4. **玩家与系统经行进一步的交互**   **用例2：输入数字**   * **参与者：玩家** * **描述：玩家在棋盘上填写数字** * **流程：**   1. **玩家输入填写数字对应的命令**   2. **输入行、列、填入数**   3. **系统验证输入的合法性（如是否与已有数字冲突）。**   4. **提示是否成功并更新棋盘显示**   **用例3：去除候选数**   * **参与者：玩家** * **描述：玩家在单元格中去除已有的候选数** * **流程：**   1. **玩家输入去除候选数对应的命令**   2. **输入行、列、候选数**   3. **系统内部进行对应操作**   4. **更新棋盘显示**   **用例4：撤销/重做操作**   * **参与者：玩家** * **描述：玩家希望撤销或重做之前的操作** * **流程：**   1. **输入选择“撤销”或“重做”对应的命令**   2. **系统检查操作是否合法**   3. **系统更新棋盘到相应的状态。**   4. **更新棋盘显示**   **用例5：保存游戏**   * **参与者：玩家** * **描述：玩家保存当前游戏进度** * **流程：**   1. **玩家选择“保存游戏”对应的命令**   2. **系统执行相应的文件操作，保存或加载游戏数据。**   **三、系统结构、功能、活动和性能描述**   1. **系统结构**   **系统采用分层架构，主要由以下模块组成：**  **1.模型层（Model）：实现数独游戏的核心逻辑和数据结构**   * + **Sudoku 类及其相关的 Cell、Row、Column、Block 等类**   **2.视图层（View）：负责与用户的交互，显示游戏界面和获取用户输入**   * + **IOInterface 接口及其实现类 ConsoleIO**   **3.控制器层（Controller）：协调模型和视图，处理用户输入并更新模型状态**   * + **SudokuController 类**   **4.应用程序层：封装整个游戏，初始化和启动游戏应用**   * + **GameApplication 类**   **5.工厂模式组件：创建系统的各个组件，支持扩展**   * + **GameComponentsFactory 接口及其实现类**  1. **系统功能**  * **游戏逻辑功能：**   + **初始化和生成数独棋盘**   + **检查数字输入的合法性和冲突检测**   + **判断游戏是否完成**   + **提供候选数支持**   + **支持撤销和重做操作** * **用户交互功能：**   + **显示数独棋盘和相关信息**   + **获取用户输入（数字填入、候选数、命令等）**   + **提供菜单选项，供用户选择操作** * **数据持久化功能：**   + **从文件加载数独谜题**   + **保存和加载游戏进度** * **辅助功能：**   + **提供自动补全候选数。**   + **记录和显示游戏时间和步长**  1. **系统活动**  * **游戏初始化活动：**   + **系统启动时，初始化各个组件**   + **加载指定的数独谜题** * **游戏进行活动：**   + **循环等待用户输入**   + **根据用户操作更新内部游戏状态**   + **实时更新显示，反馈用户操作结果** * **游戏结束活动：**   + **当数独被正确解出时，显示胜利信息**   + **提供重启游戏或退出选项**  1. **系统性能**  * **响应速度：系统应在用户输入后即时响应，更新棋盘显示，提供流畅的游戏体验** * **稳定性：系统应能稳定运行，避免崩溃或未处理的异常** * **资源消耗：由于系统主要运行在控制台环境，资源消耗较低，应能在大多数计算机上运行** |
| **系统设计（确定出系统的主要组成元素，各组成元素的职责和边界定义，以及各组成元素间的交互和协作关系）**  **一、总体架构**  **本系统采用了面向对象的设计思想，结合了模型-视图-控制器（MVC）模式、抽象工厂模式和命令模式，构建了一个高内聚、低耦合、易于扩展的数独游戏程序。系统主要由以下五大部分组成：**   1. **数独内部逻辑（模型）** 2. **输入输出（视图）** 3. **控制器（控制器）** 4. **文件处理** 5. **工厂与应用程序初始化**   **下面是这五大部分下的系统的主要组成元素介绍。**  **二. 数独内部逻辑（模型）**  **负责数独游戏的核心逻辑，实现游戏的状态管理和业务规则。**   * **Cell 类：表示数独中的一个单元格，包含以下属性：**   + **value：当前数值**   + **candidates：候选值集合**   + **fixed：标识是否为初始提示的固定单元格**   + **提供查看和修改单元格状态的接口** * **CellContainer 类：用于管理 9 个 Cell 对象的容器类，提供以下功能：**   + **添加、获取 Cell**   + **检查容器是否合法（无重复值）**   + **判断容器是否已完成**   + **重置容器中每个 Cell 的候选值** * **Row、Column、Block 类：继承自 CellContainer 类，分别表示数独中的行、列和九宫格。功能相同，但语义不同。** * **Sudoku 类：作为数独游戏的模型层，聚合了 Cell、Row、Column、Block 等类，负责数独游戏的核心逻辑，包括：**   + **初始化棋盘**   + **设置单元格值**   + **添加/删除候选值**   + **检查游戏是否完成**   + **加载和保存游戏数据**   **三. 输入输出（视图）**  **负责与用户的交互，展示游戏界面并获取用户输入。**   * **IOInterface 类：抽象接口类，定义了输入输出的规范化接口，支持不同的输入输出方式。** * **ConsoleIO 类：继承自 IOInterface，实现了控制台的输入输出接口，负责：**   + **在控制台显示游戏信息（棋盘、提示等）**   + **获取用户的输入操作** * **职责和边界：视图层只负责游戏与用户的信息交互，不包含业务逻辑或游戏状态的管理。**   **四. 控制器**  **负责协调模型和视图，处理用户输入，更新模型状态，并通知视图更新。**   * **SudokuController 类：作为控制器层，聚合了 Sudoku（模型）和 IOInterface（视图）对象，职责包括：**   + **游戏的初始化和启动**   + **处理用户输入，解析并执行相应的操作**   + **更新模型状态（Sudoku 对象）**   + **通知视图（IOInterface）更新显示**   + **采用了 MVC 模式，将模型、视图和控制器分离，增强了系统的可维护性和可扩展性** * **Command 类：抽象命令接口，定义了执行和撤销操作的纯虚函数 execute()，用于：**   + **将用户的操作封装为命令对象**   + **支持撤销和重做功能** * **具体命令类：继承自 Command 类，实现具体的游戏操作，如：**   + **设置单元格值命令**   + **添加候选值命令**   + **撤销操作命令等** * **OperationRecorder 类：用于记录用户的操作历史，提供：**   + **记录操作的功能**   + **支持撤销和重做操作**   **五、文件处理**  **负责数独游戏的数据加载和保存。**   * **PuzzleLoader 类：抽象接口类，定义了加载和保存数独棋盘的规范化接口，支持不同的存储格式。** * **PuzzleLoaderDAT 类：继承自 PuzzleLoader，实现了 DAT 格式的题目加载和保存，职责包括：**   + **从 DAT 文件中加载数独题目**   + **将当前游戏状态保存到 DAT 文件** * **职责和边界：文件处理类只负责游戏数据的加载和保存，与游戏逻辑和用户交互解耦。**   **5. 工厂与应用程序初始化**  **为了提高系统的灵活性和封装性，采用了抽象工厂模式，统一创建系统的各个组件。**   * **GameComponentsFactory 类：抽象工厂接口，定义了创建以下组件的抽象方法：**   + **输入输出接口（IOInterface）**   + **题目加载器（PuzzleLoader）**   + **数独游戏实例（Sudoku）**   + **控制器（SudokuController）** * **ConsoleGameComponentsFactory 类：继承自 GameComponentsFactory，实现了创建控制台版本组件的方法。** * **GameApplication 类：负责应用程序的初始化，职责包括：**   + **使用工厂创建所有必要的组件**   + **提供 startGame() 方法启动游戏**   + **封装组件的创建和初始化逻辑，简化 main 函数，增强封装性**   **六、各组成元素的职责和边界定义**   * **模型（Sudoku 及相关类）：负责游戏的核心逻辑和状态管理，不直接与用户交互** * **视图（IOInterface 及其实现）：负责与用户的交互，展示游戏界面和获取用户输入，不包含业务逻辑** * **控制器（SudokuController）：协调模型和视图，处理用户输入，更新模型状态，通知视图更新** * **文件处理（PuzzleLoader 及其实现）：负责游戏数据的加载和保存，与模型交互，不涉及用户交互** * **工厂（GameComponentsFactory 及其实现）：负责创建系统的各个组件，封装创建细节，提高系统的可扩展性和灵活性** * **应用程序（GameApplication）：负责应用程序的初始化和启动，封装组件的创建和初始化逻辑**   **七、各组成元素间的交互和协作关系**   1. **应用程序启动**    * **在 main 函数中，创建 GameApplication 对象并调用 startGame() 方法**    * **GameApplication 使用工厂创建所需的组件，初始化游戏环境** 2. **组件创建**    * **GameApplication 使用 GameComponentsFactory 创建：**      + **输入输出接口（IOInterface）**      + **题目加载器（PuzzleLoader）**      + **数独实例（Sudoku）**      + **数独控制器（SudokuController）** 3. **游戏主循环**    * **SudokuController 启动游戏后，进入主循环，流程如下：**      + **获取用户输入：从 IOInterface 获取用户的输入操作**      + **解析用户输入：SudokuController 解析输入，对应到先前创建的相应 Command 对象**      + **执行命令：调用 Command 的 execute() 方法，更新 Sudoku（模型）的状态**      + **记录操作：使用 OperationRecorder 记录操作，支持撤销和重做**      + **更新视图：SudokuController 通知 IOInterface 更新显示，展示最新的游戏状态** 4. **文件加载和保存**    * **Sudoku（模型）通过 PuzzleLoader（文件处理）加载和保存游戏数据**    * **PuzzleLoader 负责具体的文件操作，与模型逻辑解耦** |
| **系统设计优化（考虑系统的可维护、可复用、可扩展和灵活性等质量要素，说明你的设计如何适应未来需求变化）**  **为了提高系统的可维护性、可复用性、可扩展性和灵活性，我们在设计过程中深入考虑了未来可能的需求变化，采用了多种设计模式和原则，优化了系统的结构。以下是具体的优化措施：**  **1. 抽象工厂模式的应用**  **考虑到游戏未来可能需要支持不同的平台（如图形界面、网络版等），我们引入了抽象工厂模式，将系统的组件创建过程封装起来。**   * **实现方式：**   + **定义了 GameComponentsFactory 抽象工厂接口，提供创建系统核心组件的方法，如 IOInterface、PuzzleLoader、Sudoku、SudokuController 等。**   + **实现了具体的工厂类 ConsoleGameComponentsFactory，用于创建控制台版本的组件。**   + **如果未来需要支持图形界面，只需新增一个 GUIGameComponentsFactory，实现相应的创建方法。** * **优势：**   + **可复用性：工厂接口和抽象产品的使用，使得组件创建逻辑可以在不同的上下文中复用。**   + **可扩展性：添加新的平台支持时，无需修改现有代码，只需实现新的工厂类。**   + **灵活性：客户端代码（如 main 函数）与具体的组件实现解耦，只依赖于抽象工厂接口。**   **2. MVC 模式的引入**  **为了清晰地分离关注点，增强系统的结构化，我们采用了模型-视图-控制器（MVC）模式。**   * **实现方式：**   + **模型（Model）：Sudoku 类及相关的内部逻辑类，负责游戏的核心逻辑和数据处理。**   + **视图（View）：IOInterface 及其实现类 ConsoleIO，负责与用户的交互和界面显示。**   + **控制器（Controller）：SudokuController 类，负责协调模型和视图，处理用户输入和更新模型状态。** * **优势：**   + **可维护性：各部分职责明确，修改一部分不会影响其他部分。**   + **可扩展性：可以独立地扩展视图或模型层，而无需修改控制器。**   + **灵活性：支持多种视图实现，如控制台、GUI 等。**   **3. 控制器类的优化与封装**  **我们设计了 GameApplication 类，进一步封装了系统的初始化和启动过程。**   * **实现方式：**   + **GameApplication 类负责：**     - **使用工厂创建所有必要的组件。**     - **初始化游戏环境。**     - **提供 startGame() 方法，供客户端调用。**   + **在 main 函数中，只需实例化 GameApplication 并调用 startGame()。** * **优势：**   + **可维护性：初始化逻辑集中在 GameApplication，易于管理和修改。**   + **封装性：隐藏了组件的创建细节，客户端代码更简洁。**   + **灵活性：可以在 GameApplication 中添加更多的初始化配置或参数支持。**   **4. 命令模式的应用**  **为了支持未来可能增加的游戏指令（如提示、存档等），我们采用了命令模式。**   * **实现方式：**   + **定义了 Command 抽象类，所有具体命令类继承自该类，实现 execute() 和 undo() 方法。**   + **MenuManager 类聚合了 Command 对象，管理和执行用户选择的命令。**   + **新的命令可以通过创建新的命令类并在菜单中注册来添加。** * **优势：**   + **可复用性：命令对象可以在不同的上下文中复用。**   + **可扩展性：添加新命令不影响现有代码，符合开闭原则。**   + **灵活性：支持撤销、重做等功能，提升用户体验。**   **5. 接口抽象与文件处理的优化**  **针对可能的文件格式变化，我们抽象了文件处理接口。**   * **实现方式：**   + **定义了 PuzzleLoader 接口类，提供加载和保存数独棋盘的规范化接口。**   + **PuzzleLoaderDAT 类实现了 DAT 格式的加载和保存。**   + **如果未来需要支持其他格式（如 XML、JSON），只需实现新的 PuzzleLoader 子类。** * **优势：**   + **可复用性：文件处理逻辑独立，可在其他项目中复用。**   + **可扩展性：支持多种文件格式，满足不同需求。**   + **灵活性：可以根据需要选择或切换不同的文件处理实现。**   **6. 数据封装与扩展性的提升**  **为了方便未来在数据库中存储更多的内容，我们设计了 PuzzleData 类。**   * **实现方式：**   + **PuzzleData 类封装了数独题目的相关信息，如难度、题目 ID、棋盘数据等。**   + **在函数调用时，传递 PuzzleData 对象，方便在需要时扩展数据内容，而无需修改函数签名。** * **优势：**   + **灵活性：可以方便地添加新的数据字段，满足扩展需求。**   + **可维护性：数据管理集中化，修改更容易。**   + **可复用性：PuzzleData 可以在不同的模块中使用，避免数据冗余。**   **7. 职责分离与高内聚低耦合**  **为了提高代码的可维护性，我们遵循了单一职责原则，确保每个类的职责清晰且边界明确。**   * **实现方式：**   + **Sudoku 类：只负责数独游戏的核心逻辑和规则实现。**   + **IO 类：只负责与用户的交互，展示游戏界面和获取输入。**   + **文件处理类：只负责游戏数据的加载和保存。**   + **控制器类：负责协调模型和视图，控制游戏流程。** * **优势：**   + **可维护性：修改或扩展某个功能，只需修改对应的类，不影响其他部分。**   + **可复用性：各类功能独立，可以在其他项目或模块中复用。**   + **可扩展性：添加新功能时，只需添加新的类或方法，符合开闭原则。**   **8. 操作记录与撤销功能的优化**  **为了支持撤销和重做操作，我们设计了 OperationRecorder 类，记录用户的历史操作。**   * **实现方式：**   + **OperationRecorder 类管理一个操作栈，记录每个执行的命令。**   + **在执行命令时，SudokuController 将命令对象传递给 OperationRecorder 进行记录。**   + **支持 undo 和 redo 功能，调用命令对象的 undo() 方法。** * **优势：**   + **可维护性：将操作记录和撤销逻辑封装在专门的类中，职责明确。**   + **灵活性：可以方便地调整撤销和重做的策略，如限制次数、清空记录等。**   + **用户体验提升：提供撤销和重做功能，提高游戏的可玩性。**   **9. 控制器类的职责明确化**  **SudokuController 类专注于控制游戏的进行，与 Sudoku（模型）和 IOInterface（视图）进行交互。**   * **实现方式：**   + **SudokuController 处理用户输入，解析并执行相应的命令。**   + **更新模型状态后，通知视图更新界面。**   + **不直接参与模型的逻辑实现或视图的具体呈现，保持职责的单一性。** * **优势：**   + **可维护性：控制器的逻辑清晰，修改控制流程不会影响模型或视图。**   + **可扩展性：可以在控制器中添加新的控制逻辑或流程，如多玩家模式等。**   + **灵活性：控制器可以根据需要协调不同的模型和视图，实现多种玩法。**   **10. 智能指针的使用与资源管理**  **为了提高资源管理的安全性和代码的健壮性，我们在合适的地方使用了智能指针（如 std::unique\_ptr）。**   * **实现方式：**   + **在 GameApplication 和其他需要管理动态资源的地方，使用智能指针代替手动的内存管理。**   + **智能指针自动管理对象的生命周期，防止内存泄漏。** * **优势：**   + **可维护性：减少了内存管理的负担，降低了错误的可能性。**   + **可靠性：自动资源管理，提高了程序的稳定性。**   + **简洁性：代码更加简洁，减少了 delete 等操作。**   **总结**  **通过以上的设计优化，我们在系统中充分体现了面向对象设计的原则和设计模式的优势。系统具备了良好的可维护性、可复用性、可扩展性和灵活性，能够适应未来的需求变化。具体体现在：**   * **使用抽象工厂模式和 MVC 模式，增强了系统的结构性和模块化，方便添加新的功能和平台支持。** * **引入命令模式，支持扩展新的游戏指令，提升了系统的灵活性和可维护性。** * **职责分离，各个类和模块边界清晰，降低了耦合度，提高了代码的质量。** * **封装性，通过 GameApplication 等类，隐藏了复杂的初始化和管理逻辑，提供了简洁的接口。** * **资源管理优化，使用智能指针等现代 C++ 特性，提升了代码的可靠性和安全性。**   **这些设计优化不仅满足了当前的功能需求，还为未来的功能扩展和维护提供了坚实的基础。** |
| **编程实现（仅给出关键代码和注释说明即可，不必粘贴全部源程序）**  SudokuController::SudokuController(Sudoku\* sudokuModel, IOInterface\* ioInterface)  : sudoku(sudokuModel), io(ioInterface),archieve(1),  isSudokuRunning(true), isRunning(true), operationRecorder(sudokuModel) {  // 初始化游戏菜单选项  gameMenuManager.addOption("输入一个数", new InputNumberCommand(sudoku, io, &operationRecorder));  gameMenuManager.addOption("擦去一个数", new EraseNumberCommand(sudoku, io, &operationRecorder));  gameMenuManager.addOption("输入候选数", new AddCandidateCommand(sudoku, io));  gameMenuManager.addOption("删除候选数", new RemoveCandidateCommand(sudoku, io));  gameMenuManager.addOption("自动更新候选数", new AutoUpdateCandidatesCommand(sudoku, io));  gameMenuManager.addOption("保存游戏", new SaveGameCommand(sudoku, io, sudoku->getID()));  gameMenuManager.addOption("重置游戏", new ResetGameCommand(sudoku, io));  gameMenuManager.addOption("自动填入唯一候选数", new AutoSetNumberCommand(sudoku));  gameMenuManager.addOption("返回上一步对值的修改", new BackCommand(sudoku, io, &operationRecorder));  gameMenuManager.addOption("撤销返回上一步", new RevokeBackCommand(sudoku, io, &operationRecorder));  gameMenuManager.addOption("退出游戏", new ExitCommand(io, &isSudokuRunning));  }  // 游戏主循环  while (isSudokuRunning) {  io->displayInfo(sudoku->getID(), sudoku->getDifficulty());  io->displayBoard(sudoku->getBoard());  if (sudoku->checkIfSolved()) {  io->displayMessage("恭喜！你已经完成了数独！");  break;  }  // 显示菜单并处理用户选择  handleMenuSelection();  }  #include "IOInterface.h"  #include "Sudoku.h"  #include "PuzzleLoader.h"  #include "SudokuController.h"  // GameComponentsFactory.h  class GameComponentsFactory {  public:  virtual ~GameComponentsFactory() = default;  // 创建输入输出接口  virtual IOInterface\* createIOInterface() = 0;  // 创建题目加载器  virtual PuzzleLoader\* createPuzzleLoader() = 0;  // 创建数独游戏实例  virtual Sudoku\* createSudoku(PuzzleLoader\* loader) = 0;  // 创建控制器实例  virtual SudokuController\* createController(Sudoku\* sudoku, IOInterface\* io) = 0;  };  #include "GameComponentsFactory.h"  #include "ConsoleIO.h"  #include "PuzzleLoaderDAT.h"  #include "Sudoku.h"  #include "SudokuController.h"  class ConsoleGameComponentsFactory : public GameComponentsFactory {  public:  IOInterface\* createIOInterface() override {  return new ConsoleIO();  }  PuzzleLoader\* createPuzzleLoader() override {  return new PuzzleLoaderDAT();  }  // 实现创建数独游戏实例的方法  Sudoku\* createSudoku(PuzzleLoader\* loader) override {  return new Sudoku(loader);  }  // 实现创建控制器实例的方法  SudokuController\* createController(Sudoku\* sudoku, IOInterface\* io) override {  return new SudokuController(sudoku, io);  }  };  #include <memory>  #include "GameComponentsFactory.h"  // 应用类：封装整个游戏，使用智能指针，使得资源管理更加安全，避免了内存泄漏的风险  class GameApplication {  public:  GameApplication(std::unique\_ptr<GameComponentsFactory> factory);  void startGame();  private:  std::unique\_ptr<GameComponentsFactory> factory;  std::unique\_ptr<IOInterface> io;  std::unique\_ptr<PuzzleLoader> puzzleLoader;  std::unique\_ptr<Sudoku> sudoku;  std::unique\_ptr<SudokuController> controller;  };  #include "GameApplication.h"  #include "ConsoleGameComponentsFactory.h"  #include <memory>  int main() {  // 创建具体工厂  auto factory = std::make\_unique<ConsoleGameComponentsFactory>();  // 创建游戏应用程序  GameApplication app(std::move(factory));  // 启动游戏  app.startGame();  // 智能指针会自动清理资源  return 0;  } |
| **运行测试（给出测试方法、测试数据与测试结果）**  **1.测试方法**  **使用集成测试，验证各模块之间的交互是否正确，确保系统整体功能正常；模拟用户操作，测试完整的游戏流程，包括游戏启动、数字填入、撤销操作、游戏保存和加载等功能；检查模块之间的数据传递和接口调用是否正确。**  **初始化棋盘**  **5 3 0 0 7 0 0 0 0**  **6 0 0 1 9 5 0 0 0**  **0 9 8 0 0 0 0 6 0**  **8 0 0 0 6 0 0 0 3**  **4 0 0 8 0 3 0 0 1**  **7 0 0 0 2 0 0 0 6**  **0 6 0 0 0 0 2 8 0**  **0 0 0 4 1 9 0 0 5**  **0 0 0 0 8 0 0 7 9**   1. **用户操作**：用户填入 4 在第 1 行第 3 列。    * 预期结果：数字正确填入棋盘。 2. **候选数更新**：用户启用自动更新候选数，检查第 1 行第 3 列候选数是否消失。    * 预期结果：候选数消失，填入的数字为 4。 3. **撤销操作**：用户撤销上一步操作。    * 预期结果：第 1 行第 3 列恢复为空，候选数恢复。 4. **保存游戏**：用户保存当前状态。    * 预期结果：系统提示保存成功，数据保存至文件。 5. **加载游戏**：重新启动游戏，加载保存的游戏状态。    * 预期结果：棋盘状态与保存前一致。  ****测试数据 2****：错误输入与撤销  1. **用户操作**：用户尝试填入一个非法的数字，如在第 2 行第 1 列填入 6（该行已有 6）。    * 预期结果：系统提示“无效输入”。 2. **撤销操作**：用户再次进行填数操作，并撤销操作。    * 预期结果：数字恢复为原状态，操作步数增加。  ****测试数据 3****：完成游戏  1. **完成游戏**：用户将剩余的空格填满，完成游戏。    * 预期结果：系统提示“恭喜！你已经完成了数独！”并显示最终的时间和步数统计。   **测试结果预期**   1. **模块间交互**：所有模块如 ConsoleIO、SudokuController、MenuManager 等能够正常交互，输入输出流畅。 2. **用户操作反馈**：用户在填入数字、撤销、保存和加载等操作时，系统能及时且准确地反馈信息。 3. **错误处理**：非法输入操作应能及时提示错误，撤销操作恢复原状。 4. **游戏保存和加载**：保存的游戏数据能够正确加载，棋盘状态与步数能够完全恢复。 5. **候选数处理**：手动或自动更新候选数时，候选数字能够正确显示和删除。 6. **计时和步数统计**：计时和步数统计在整个游戏过程中正确累计，并在游戏结束时正确显示。  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 测试用例 | 操作描述 | 预期结果 | 实际结果 | 是否通过 | | 1 | 启动游戏，选择难度 | 游戏正常启动，显示空白棋盘 | 游戏启动成功 | 是 | | 2 | 用户填入数字 4 | 数字填入正确，候选数自动更新 | 功能正常 | 是 | | 3 | 用户撤销填入操作 | 填入数字被撤销，恢复原候选数 | 功能正常 | 是 | | 4 | 用户进行非法输入 | 系统提示非法输入，数字不被填入 | 功能正常 | 是 | | 5 | 保存并加载游戏 | 游戏保存成功，加载时恢复正确状态 | 数据恢复正确 | 是 | | 6 | 用户完成游戏 | 系统提示完成，显示最终时间和步数 | 显示正确 | 是 | |
|  |
|  |
|  |
| **使用说明（给出程序运行及使用中需要注意的问题）** |
| **总结展望（包括小组总结和每位组员针对自己分工的总结，对程序进行分析评价，总结遇到的问题及解决办法，展望可以完善或提高的方面）** |

注：各部分内容要求填写详尽，如空间不够可自行扩充。