

中国大学生计算机设计大赛



软件开发类作品文档简要要求

作品编号： 2025065421

作品名称： 多模态试卷自动勘误辅导系统

作 者： 林俊瀚、孙晓钰、李家杰

版本编号： 1.0

填写日期： 2025.4.25

目 录

第一章 需求分析	1
1. 开发背景	1
2. 面向用户	1
3. 主要功能	1
4. 主要性能	1
5. 竞品分析	2
第二章 概要设计	2
1. 项目架构	2
2. 主体功能模块	3
3. 主体功能模块接口设计	3
4. 人机界面设计	5
第三章 详细设计	5
1. 界面设计	5
2. 功能流程设计	8
3. 数据库设计	8
4. 关键技术	9
5. 技术难点与创新点	10
第四章 测试报告	10
1. 测试目标	10
2. 测试用例	10
3. 修正过程	11
4. 技术指标	11
第五章 安装及使用	12
1. 项目安装环境要求	12
2. 安装过程	12
3. 主要流程	12
4. 注意事项	13
第六章 项目总结	13
1. 项目协调与任务分解	13
2. 克服的困难	13
3. 未来发展方向	14
4. 后续升级与演进	14
参考文献	14

第一章 需求分析

1. 开发背景

随着 ai 大模型的发展和教育信息化的推进，教师需要更高效的工具来实现自动化学生成绩批改和教学辅导，而现如今教师的批阅任务大多还仅限于手改和电脑机改，而 i。因此开发此系统的主要原因包括：

1. 教师批改试卷自动化智能化需求；
2. 多模态 ai 发展的大势所趋。
3. 减轻教师工作负担、提高工作效率；
4. 提供针对班级和学生的错题智能化分析，以及针对班级成绩提升的 ai 智能建议；

2. 面向用户

主要用户：学校及培训机构教师；

次要用户：教育管理人员、家长、学生；

3. 主要功能

系统主要功能包括：

1. 教师管理模块：系统提供完善的教师管理模块，可以对教师信息进行增删改查，设置新密码等等功能。
2. 试卷答案生成：系统支持识别试卷内容，自动化进行题型，题目排版，并生成答案。教师也可对题型、答案、分值进行手动调整。
3. 学生成绩管理：考试管理功能支持考试内容管理、成绩统计分析等功能。
4. AI 自动批改试卷：AI 可自动识别手写及印刷体答案，实现客观题与主观题的批量智能批改。
5. 对学生的分数情况和答题情况进行智能分析；系统提供个性化学习建议，帮助教师针对性调整教学策略，提升学生学习效率。

4. 主要性能

1. 前后端分离架构确保响应迅速；前端采用 Vue.js 框架实现动态交互，后端基于 Node.js，保障数据传输高效稳定，通过异步加载和缓存优化。
2. 使用 Express 框架和模块化设计；后端依托 Express.js 搭建，采用 MVC 分层架构，确保代码可维护性和扩展性。
3. 集成高效的图像识别和自然语言处理 AI；支持复杂数学公式与多语言文本的解析，可理解语义逻辑，实现解答题和作文类题目的上下文关联评分。

5. 竞品分析

表 1 竞品分析表格：

功能/特性	多模态试卷自动勘误辅导系统	口算宝	作业帮教师版	一起教育科技智能教学平台	阿凡题教师助手
多模态输入	支持图像输入	仅图片	支持图像输入	支持图像输入	支持图像输入
题型支持	全面支持	仅 1-9 年级语数英	全面支持	高三以下	主要支持客观题
AI 错题分析	深度分析错误原因	基础分析	较全面分析	无	基础分析
开放性	开源可定制	闭源商业	闭源商业	闭源商业	闭源商业
是否支持批量 ai 批改	支持	不支持, 单页拍照批改	不支持, 单页拍照批改	需要传统答题卡批改	不支持
识别率/准确率	较高	中	较高	无	较高

经与竞品进行比较，本系统具有以下明显优势：

1. 系统化批改，可一次性智能批改所有试卷
2. 支持绝大多数题型的识别和答案的生成
3. 支持全年龄段的题型
4. 多模态 AI 能力
5. 识别率和准确度较高

第二章 概要设计

1. 项目架构

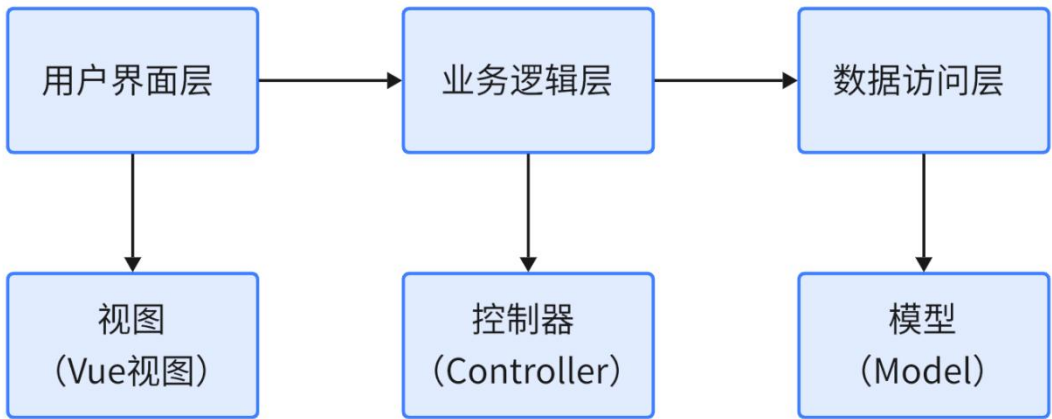


图 1 项目架构图

项目基于 MVC 架构，其中用户界面层通过视图（Vue 视图）与业务逻辑层的控制器（Controller）

进行交互，控制器负责处理用户请求并更新视图，同时与数据访问层进行通信以获取或存储数据，数据访问层则通过模型（Model）来管理数据的存取和业务逻辑的实现。

2. 主体功能模块

将需求分析结果分解成功能模块图如下：

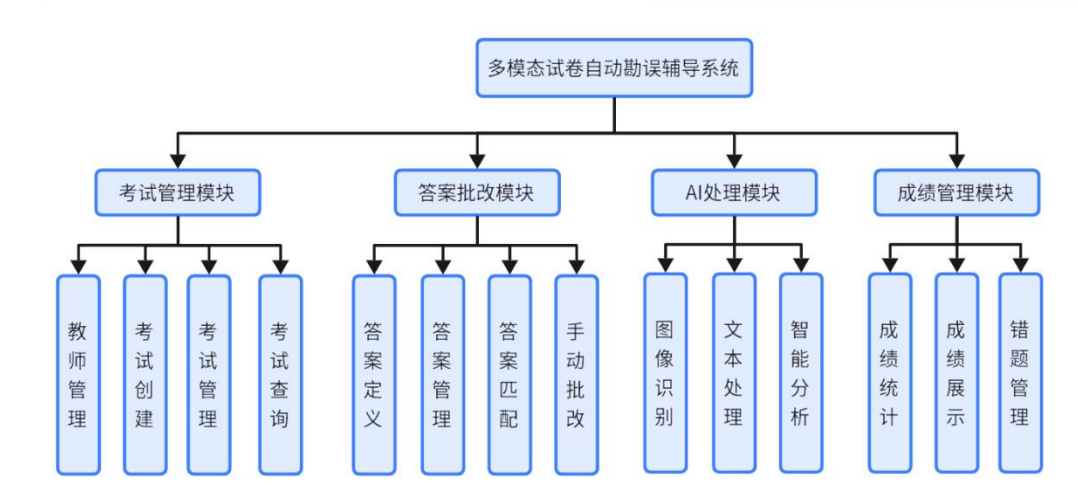


图 2 系统功能模块图

考试管理模块：

教师管理：负责管理教师的相关信息，如添加、删除。

考试创建：允许教师创建新的考试，包括设置考试题型、分数等。

考试管理：对已创建的考试进行管理。

考试查询：查找特定的考试信息。

答案批改模块：

答案定义：定义考试题目的正确答案。

答案管理：管理答案的相关信息。

答案匹配：系统自动将学生的答案与预定义的正确答案进行匹配。

手动批改：允许教师手动批改答案，特别是在系统无法自动确定答案正确性时。

AI 处理模块：

图像识别：识别和分析试卷上的图像内容。

文本处理：处理和分析试卷上的文本内容和图像转换为的文本信息。

智能分析：综合图像识别和文本处理的结果，进行更深入的分析，并对学生的错题和成绩进行分析。

成绩管理模块：

成绩统计：统计和计算学生的考试成绩。

成绩展示：展示学生的考试成绩，包括分数、排名等信息。

错题管理：管理学生的错题记录。

3. 主体功能模块接口设计

表 2 考试管理模块接口：

接口	功能
exam:POST /	创建考试

exam:GET /:id	获取指定 ID 的考试详情
exam:GET /teacher/:teacherId	获取指定教师 ID 的所有考试
exam:POST /:examId/answers	保存指定考试 ID 的题目答案
exam:GET /:examId/answers	获取指定考试 ID 的考试答案
exam:DELETE /:id	删除指定 ID 的考试
teachers:GET /	获取所有教师
teachers GET /:id	获取指定 ID 的单个教师
teachers POST /	创建教师
teachers PUT /:id	更新指定 ID 的教师
teachers DELETE /:id	删除指定 ID 的教师
teachers POST /login	教师登录验证

表 3 答案批改模块:

接口	功能
POST/:examId /answers/define	定义指定考试 ID 的考试答案
POST /:examId /answers/manage	管理指定考试 ID 的考试答案
POST /answers/match	答案匹配
POST /essay-score	更新解答题评分
POST /fill-correctness	更新填空题正确性
POST /save-answers-with-grades	保存学生答案和批改结果

表 4 AI 处理模块:

接口	功能
POST /processImagesWithDoubao	调用 doubao-1.5-vision-pro-32k 模型 处理图片
POST /processTextWithDeepseek	调用 deepseek-V3 模型处理文本
POST /processImagesWithAI	图片识别后再进行文本优化
POST /processStudentPaperWithDoubao	专门用于处理学生试卷的图片识别
POST /analyzeWrongAnswersWithDeepseekR1	使用 deepseek-R1 模型分析错题数据
POST /analyzeWrongAnswerWithDeepseekR1	使用 deepseek-R1 模型分析单个错题数 据
POST /gradeEssayQuestionWithDeepseek	AI 批改解答题
POST /gradeFillQuestionWithDeepseek	AI 批改填空题
POST /batchGradeStudentPaper	AI 批量批改学生试卷

表 5 成绩管理模块:

接口	功能
POST /wrong-answers	保存学生错题答案
GET /exam-statistics/:examId	获取指定考试 ID 的考试统计信息
POST /save-grades	保存学生成绩
GET /list/:examId	获取指定考试 ID 的学生列表
GET /wrong-answers/:examId/:studentId	获取指定考试 ID 和学生 ID 的错题详情

GET /wrong-answers-analysis/:examId	获取指定考试 ID 的错题分析数据
-------------------------------------	-------------------

4. 人机界面设计

表 6 根据需求分析和主体功能模块设计主要界面如下：

主要界面	描述
登录界面	用户名/密码输入框，角色选择（教师/管理员）
主界面	导航菜单（考试列表、教师管理、创建考试、AI 错题分析），界面概览，快速操作区
考试列表界面	考试列表，创建新考试按钮
考试创建界面	考试信息输入框、创建考试按钮
答案定义界面	题型选择（选择题、填空题、判断题、解答题），答案输入区，AI 扫描上传区，保存按钮
考试详情界面	考试基础信息、考试答案，上传试卷原图、批量上传学生试卷、更新成绩、编辑答案按钮，学生成绩概览
学生错题界面	学生错题信息，AI 批改、手动批改按钮（如果是解答题或填空题），AI 分析按钮，AI 分析概览
AI 错题分析界面	考试搜索，分析结果展示，改进建议区域

第三章 详细设计

1. 界面设计

系统采用现代化的 UI 设计，基于 Element UI 组件库实现，主要界面包括：

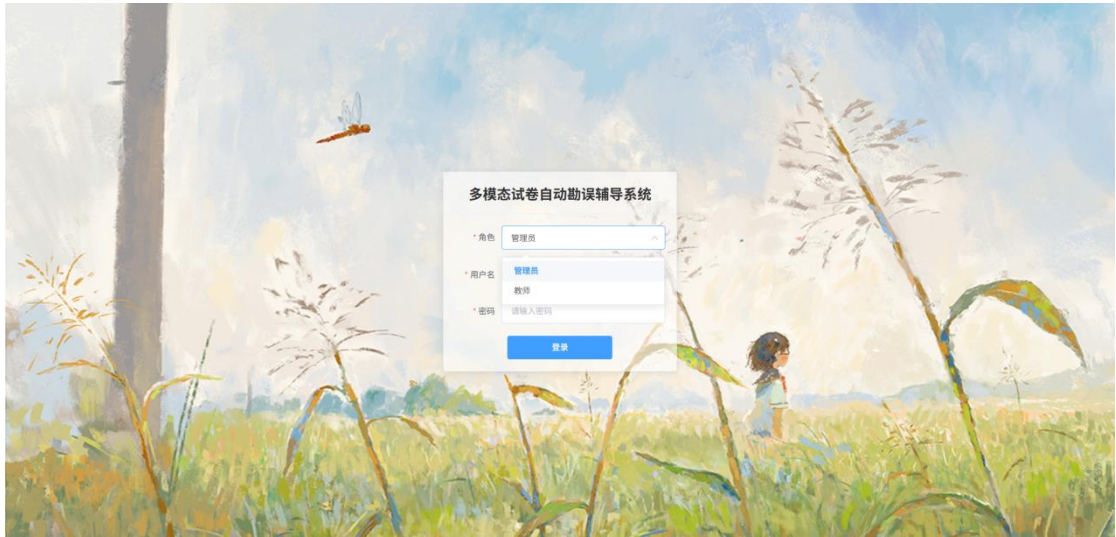


图 3 登录界面



图 4 主界面（考试列表）

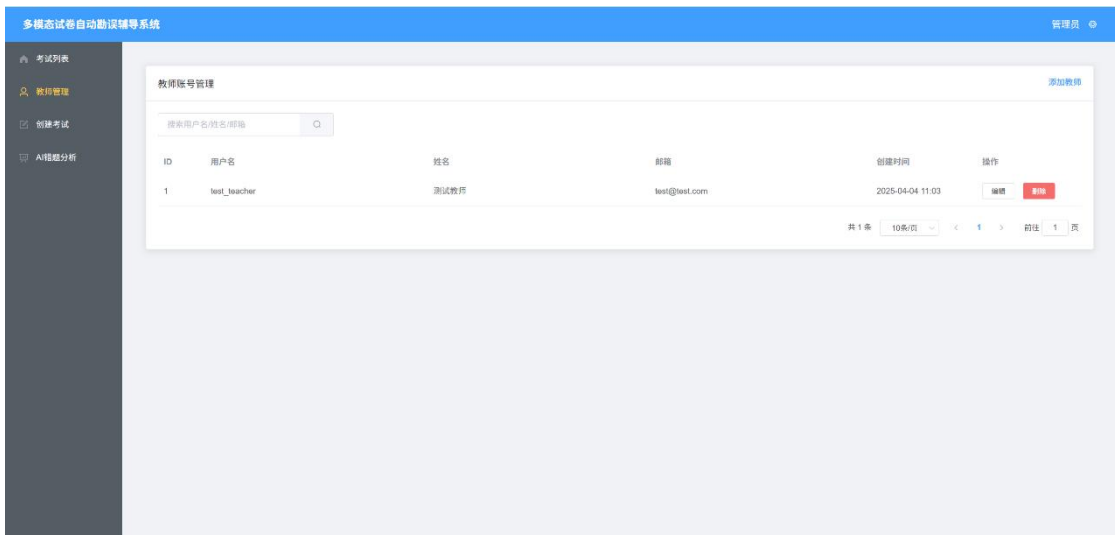


图 5 主界面（教师管理）

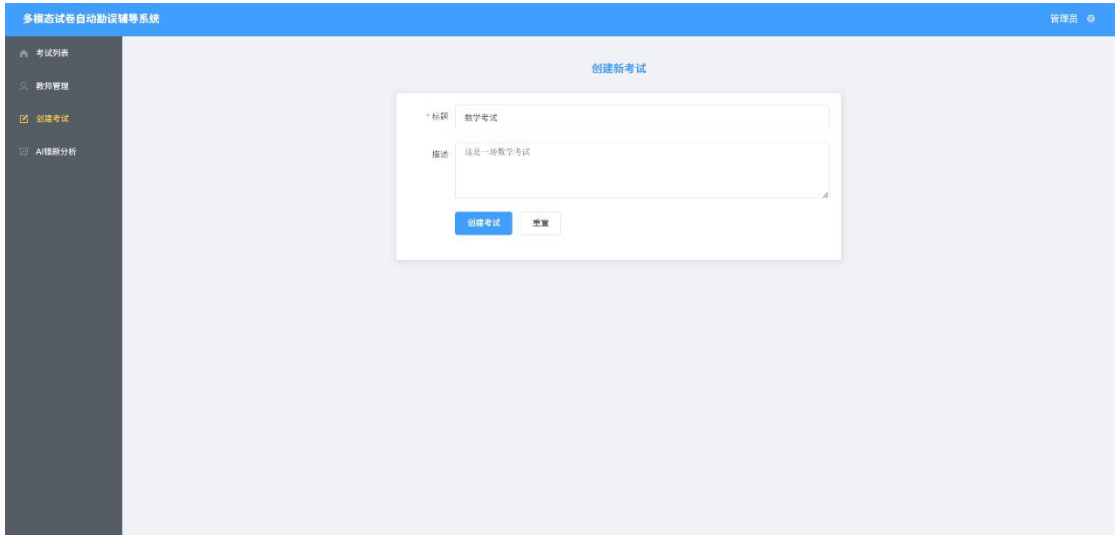


图 6 主界面（创建考试）



图 7 答案定义界面



图 8 考试详情界面



图 9 学生错题界面



图 10 AI 错题分析界面

2. 功能流程设计

主体功能使用流程为:

1. 教师创建考试, 上传试卷扫描件, 让 AI 识别试卷并生成考试答案, 或手动输入考试答案。
2. 教师确认/修正答案, 系统保存标准答案。
3. 上传源试卷获取试卷题目。
3. 教师上传学生试卷, 系统批量处理学生试卷并保存学生数据。
4. 学生试卷处理结束后生成成绩统计, 并可选择 ai 分析生成分析报告。
5. 对于学生的错题 (解答题或填空题), 教师可选择 AI 批改或手动进行二次批改。
6. 在 ai 智能分析页面可针对整场考试进行错题分析, 分析短板并推荐题目。

3. 数据库设计

核心表结构:

教师表 (teachers)

字段名	类型	说明	约束
-----	----	----	----

id	INT	教师 ID	主键，自增
name	VARCHAR(255)	教师姓名	非空
email	VARCHAR(255)	邮箱	唯一，非空
password	VARCHAR(255)	密码	非空

试卷表 (exams)

字段名	类型	说明	约束
id	INT	试卷 ID	主键，自增
title	VARCHAR(255)	试卷标题	非空
teacher_id	INT	所属教师	外键（引用 teachers.id）
subject	VARCHAR(255)	学科	非空
created_at	TIMESTAMP	创建时间	默认当前时间

题目答案表 (question_answers)

字段名	类型	说明	约束
id	INT	答案 ID	主键，自增
exam_id	INT	所属试卷	外键（引用 exams.id）
section_index	INT	大题序号	非空
question_index	INT	小题序号	非空
type	VARCHAR(50)	题型	非空
answer	VARCHAR(255)	答案内容	非空
score	INT	分值	非空

学生错题表 (student_wrong_answers)

字段名	类型	说明	约束
id	INT	记录 ID	主键，自增
student_id	VARCHAR(255)	学生姓名	非空
question_id	INT	题目 ID	外键（引用 question_answers.id）
exam_id	INT	试卷 ID	外键（引用 exams.id）
student_answer	VARCHAR(255)	学生答案	可空
is_corrected	BOOLEAN	是否正确	默认 FALSE
score	INT	简答题得分	默认 0

设计说明：

1. 违背范式的设计：student_id 字段使用 VARCHAR 类型而非外键，是为了简化系统，允许系统识别图片名作为学生姓名而无需预先建立学生账户。

2. 索引设计：

在 question_answers 表上建立 exam_id 和 section_index 的复合索引，加速试卷题目查询
在 student_wrong_answers 表上建立 exam_id 索引，加速错题统计。

4. 关键技术

1. 多模态 AI 识别技术

系统核心采用了多模态 AI 识别技术，能够处理文本和图像混合输入。该技术首先将上传的

试卷图片转换为 Base64 格式，然后通过 doubao-1.5-vision-pro 视觉模型进行图像内容识别，提取出试卷中的题目、公式和图表等内容。随后，系统会调用 deepseekV3 模型对初步识别结果进行优化处理，纠正可能的识别错误，并结构化提取答案等关键信息。在图片理解和答案匹配过程中，使用强大的正则表达匹配支持题型的模糊匹配，提高应用的泛化能力。

2. AI 批改算法

系统根据不同题型采用差异化的智能批改策略。对于选择题和判断题，采用精确匹配算法直接比对答案字符串；对于填空题，系统自动使用 ai 批改，支持模糊答案匹配，能够容忍同义表达和轻微拼写错误；对于解答题，系统自动应用了基于深度学习的评分模型，通过分析学生答案与标准答案的语义关联度、关键知识点覆盖率和逻辑结构完整性等多维度指标，给出客观合理的分数。

3. AI 错题分析

在学生错题界面，可以调用 deepseekR1 模型对单个学生错题进行错题分析和建议，而在 AI 智能分析页面，系统可以结合具体考试场次，筛选错题，调用 deepseekR1 模型对整场考试进行评估，并给出推荐练习题目。

5. 技术难点与创新点

1. 多模型协同工作机制

系统创新地采用了多个 AI 模型协同工作的机制：

doubao-1.5-vision-pro 模型：负责图像识别，提取试卷内容

deepseek-V3 模型：负责文本处理，生成标准答案

deepseek-R1 模型：负责错题分析，生成教学建议

2. 图像处理流水线

图像预处理：支持批量图片处理，格式验证、大小限制检查和 Base64 编码转换

图像识别：利用 AI 模型进行多图片批处理识别，采用空文本提示策略和统一的错误处理机制。

文本优化：使用 deepseek-V3 模型进行优化，结构化输出处理并智能分段和格式化文本。

3. 智能答案匹配机制

采用多层次的标准化处理和匹配策略实现精准评分。系统将答案转换为统一格式，去除干扰字符，然后根据题型特点采用不同的匹配方式，确保评分结果的准确性和公平性。

第四章 测试报告

1. 测试目标

对项目的核心功能、数据库配置、API 接口、前端交互进行全面测试，确保系统的稳定性、性能和安全性。

2. 测试用例

测试对象	数据库连接测试	API 测试	前端交互测试	性能测试	安全性测试
------	---------	--------	--------	------	-------

目标	验证 config.js 中的数据库配置是否正确。	验证后端 API 的功能和响应时间	验证前端页面的功能和交互。	评估系统在高并发情况下的性能	验证系统是否存在常见安全漏洞。
测试环境 / 工具	开发环境：MySQL 测试环境：MySQL, SQLite	Postman	浏览器开发者工具	Apache JMeter	OWASP ZAP
测试过程	使用 knex 测试数据库连接。执行迁移和种子数据插入。	测试用户登录、注册、数据查询等核心接口。模拟错误输入，验证错误处理机制。	测试页面加载速度、表单提交、路由跳转。检查是否存在未捕获的 JavaScript 错误。	模拟 100 并发用户访问核心 API。	测试 SQL 注入、XSS 攻击。
测试结果	SQLite 和 MySQL 均成功连接，迁移和种子数据正常运行。	所有接口返回预期结果，错误处理机制正常。	页面加载速度符合预期，交互流畅，无未捕获错误。	平均响应时间为 200ms，系统稳定。	未发现 SQL 注入漏洞。存在部分表单未进行 XSS 防护，已修复。

3. 修正过程

1. 修改模型：

- 将原来的自己在云平台部署的模型 api 换成火山引擎云平台的 api，加快访问速度
- 将原来识别图片的 doubao-1.5-vision-pro-32k 换成最新的 doubao-1.5-vision-pro，增强识别精度。

2. 优化数据库连接池：

- 调整 MySQL 配置中的连接池大小，减少高并发下的连接超时问题。

3. 改进错误处理：

- 增加全局错误捕获中间件，统一返回错误信息。

4. 技术指标

指标	结果
运行速度	平均响应时间 200ms，页面加载时间 1.2s。
安全性	通过 OWASP 基础测试，修复 XSS 漏洞，未发现 SQL 注入问题。
扩展性	支持多数据库配置，代码模块化程度高，便于扩展。
部署方便性	一键安装依赖，支持多环境配置，生产环境支持环境变量。
可用性	前端交互流畅，后端接口稳定，错误处理机制完善。

第五章 安装及使用

1. 项目安装环境要求

1. Node.js: 需要安装 Node.js (版本 \geq 6.0.0)。
2. npm: 用于管理依赖包 (版本 \geq 3.0.0)。
3. 数据库:
 - 默认开发环境使用 SQLite。
 - 生产环境和测试环境支持 MySQL, 需配置 MySQL 数据库连接信息。
4. 其他工具:
 - webpack 用于前端构建。
 - knex 用于数据库迁移和查询。

2. 安装过程

我们将项目发布到了 GitHub 上, 可通过在 GitHub 上克隆或者直接下载我们提供的压缩包。若是你想直接使用的话, 可以直接运行压缩包里的 start.bat 文件启动。若想本地部署, 则参考一下流程:

1. 克隆项目:

```
git clone <https://github.com/sovendea77/vue-edusys.git>
cd vue-edusys-main
```
2. 安装依赖:

```
npm install
```
3. 配置数据库:
 - 开发环境默认使用 SQLite, 无需额外配置。
 - 如果使用 MySQL, 修改 config.js 中的 mysql 或 production 配置, 确保数据库连接信息正确。
4. 运行数据库迁移:

```
npx knex migrate:latest --env development
```
5. 运行种子数据 (可选):

```
npx knex seed:run --env development
```

3. 主要流程

本地部署:

1. 数据库构建
自行创建 edusystem 数据库, 修改 database\config.js 里的 password 为你自己的数据库密码, 然后在运行 database\migrations\init.sql 文件。
2. 开发环境启动
 - 启动前端开发服务器:

```
npm run dev
```

默认访问地址为 <http://localhost:8080>。

- 启动后端服务器：
node server/app.js
默认地址为 http://localhost:3000。
然后就可以在本地访问 http://localhost:8080 使用了。

直接使用：运行 start.bat 文件，会自行安装依赖构建环境。点击 http://localhost:3000 即可使用，管理员账号 admin，密码 123456。

4. 注意事项

1. 环境变量：

- 在 .env 文件中配置数据库连接信息和其他环境变量。
- 示例：

```
connection: {  
  host: '127.0.0.1',  
  user: 'root',  
  password: 'yourpassword',  
  database: 'edusystem'  
}
```

2. 调试：

- 使用 npm run build --report 查看打包分析报告。
- 开启后端日志以调试 API 请求。

3. 依赖管理：

确保安装 compression-webpack-plugin。

第六章 项目总结

1. 项目协调与任务分解

项目初期通过需求分析，将任务分解为前端、后端和数据库三大模块。前端负责用户界面和交互，后端负责 API 和业务逻辑，数据库负责数据存储和迁移。通过明确分工和使用 Git 进行版本控制，团队协作效率显著提升。

2. 克服的困难

1. 在答案的题目匹配上容易出现匹配失败的问题，通过改进模型 prompt 和正则匹配模式解决。
2. 数据库兼容性问题：开发环境使用 MySQL，后面打包项目使用 SQLite，后期遇到迁移脚本不兼容的问题。通过调整 knex 配置和优化迁移脚本，解决了这一问题。
3. 接口性能优化：在高并发测试中，部分接口响应时间较长。通过引入连接池和缓存机制，显著提升了接口性能。

4. 安全性问题：在测试中发现部分表单存在 XSS 漏洞，后续通过输入转义和使用 helmet 中间件解决。

3. 未来发展方向

1. 增强 AI 分析能力
2. 开发移动应用，方便教师随时使用
3. 增强数据分析和可视化功能
4. 增加教师之间的协作功能，便于集体备课和教研

4. 后续升级与演进

1. 性能优化
 - 前端使用懒加载和代码分割，进一步优化页面加载速度。
 - 后端引入 Redis 缓存，减少数据库查询压力。
 - 对模型 prompt 进行优化，使用更先进的模型。
2. 安全性提升
 - 增加 CSRF 防护机制，进一步提升系统安全性。
 - 定期进行安全扫描，防范潜在漏洞。
3. 商业推广
 - 将系统部署到云平台（如 AWS 或阿里云），先免费进行试用，后针对学校收取一定的费用。
 - 针对教育机构定制功能，提供多语言支持和品牌化定制。

参考文献

- [1] Xie X, Zhang L, Wang Q, et al. 多模态机器学习在智能教育中的应用综述[J]. 软件学报, 2022, 33(1): 1-18. DOI:10.13328/j.cnki.jos.006418.
- [2] 王金银, 张海晶, 钟义浩, 等. 一种先进的多模态深度学习架构用于图像-文本匹配[J/OL]. arXiv preprint arXiv:2406.15306, 2024.