

RAG增强智能问答系统 - 需求分析文档

1. 项目背景与目标

1.1 项目背景

随着大语言模型(LLM)技术的快速发展，基于检索增强生成(RAG, Retrieval-Augmented Generation)的问答系统成为自然语言处理领域的研究热点。传统的问答系统存在知识更新困难、幻觉问题严重等局限，而RAG技术通过结合外部知识库检索与大模型生成能力，能够有效解决这些问题。

1.2 项目目标

本项目旨在构建一个基于RAG技术的中英双语智能问答系统，具备以下核心能力：

- 文档理解：**支持多种格式文档的上传、解析和索引
- 智能检索：**基于语义理解的高精度文档片段检索
- 答案生成：**结合检索内容生成准确、可溯源的答案
- 双语支持：**同时支持中文和英文文档及问答
- 灵活配置：**支持多种LLM提供商动态切换
- 创新特性：**混合检索、智能分块、答案溯源、相似度过滤等创新功能

2. 功能需求

2.1 功能需求概览

需求编号	功能名称	优先级	描述
F1	文档上传与解析	高	支持PDF、TXT、DOCX、Markdown格式文档的上传和解析
F2	文本分块与索引	高	将文档智能分块并建立向量索引
F3	语义检索	高	基于用户问题检索相关文档片段
F4	答案生成	高	基于检索内容生成准确答案
F5	来源引用	中	显示答案来源的原文片段及位置
F6	中英双语支持	高	支持中英文文档处理和问答
F7	对话历史管理	中	支持多轮对话上下文理解
F8	Web交互界面	高	提供友好的用户交互界面
F9	LLM提供商切换	高	支持Ollama/OpenAI等多种LLM动态切换
F10	无知识库对话	中	无相关文档时支持普通对话模式
F11	相似度过滤	高	过滤低相关性检索结果，提高答案质量
F12	流式输出	中	支持答案流式输出，提升用户体验

2.2 功能需求详细描述

F1: 文档上传与解析

功能描述：

用户可以通过Web界面上传文档，系统自动识别文档格式并进行解析，提取文本内容。

输入：

- 文档文件（支持格式：PDF、TXT、DOCX、Markdown）
- 文档元数据（可选：标题、作者、描述）

输出：

- 解析后的纯文本内容
- 文档结构信息（标题、段落、页码等）
- 上传状态反馈

验收标准：

- 支持单文件和批量上传
- 文件大小限制：单文件不超过50MB
- 解析准确率 > 95%（以人工抽检为准）
- 解析失败时给出明确错误提示

F2: 文本分块与索引

功能描述:

将解析后的文档文本按照语义边界进行智能分块，并为每个文本块生成向量嵌入，存储到向量数据库中。

输入:

- 解析后的文档文本
- 分块参数（块大小、重叠大小）

输出:

- 文本块列表（含元数据）
- 向量索引

验收标准:

1. 分块大小可配置（默认512 tokens，重叠64 tokens）
2. 保持语义完整性（不在句子中间切分）
3. 索引建立时间 < 1秒/1000字符
4. 支持增量索引（新增文档不影响已有索引）

F3: 语义检索

功能描述:

根据用户输入的问题，从向量数据库中检索最相关的文档片段。

输入:

- 用户问题
- 检索参数（返回数量、相似度阈值）

输出:

- 相关文档片段列表
- 相似度分数
- 来源信息

验收标准:

1. 检索响应时间 < 500ms
2. 支持Top-K检索（K可配置，默认5）
3. 检索准确率 > 80%
4. 支持混合检索（向量检索 + BM25）
5. 支持相似度阈值过滤，过滤低相关结果

F4: 答案生成

功能描述:

基于检索到的文档片段，利用大语言模型生成准确、流畅的答案。

输入:

- 用户问题
- 检索到的文档片段
- 对话历史（可选）

输出：

- 生成的答案文本
- 置信度评分
- 引用的来源片段

验收标准：

1. 答案生成时间 < 5秒
2. 答案基于检索内容，避免幻觉
3. 当知识库无相关内容时，切换为普通对话模式
4. 支持流式输出

F5: 来源引用

功能描述：

在答案中标注来源，并支持查看原文片段。

输入：

- 生成的答案
- 相关文档片段

输出：

- 带引用标注的答案
- 可点击查看的来源链接

验收标准：

1. 引用准确对应原文
2. 支持高亮显示引用片段
3. 显示来源文档名称和位置
4. 只显示高相关性来源，过滤不相关引用

F6: 中英双语支持

功能描述：

系统支持中文和英文文档的处理，以及中英文问答。

输入：

- 中文或英文文档
- 中文或英文问题

输出：

- 与问题语言一致的答案

验收标准：

- 中英文文档均能正确解析和索引
- 跨语言检索准确率 > 70%
- 答案语言与问题语言一致

F7: 对话历史管理

功能描述：

保存用户的对话历史，支持基于上下文的多轮问答。

输入：

- 当前问题
- 历史对话记录

输出：

- 考虑上下文的答案
- 更新后的对话历史

验收标准：

- 保存最近10轮对话
- 支持上下文指代理解
- 支持清空对话历史

F8: Web交互界面

功能描述：

提供直观、易用的Web界面供用户使用系统。

界面组成：

- 文档管理区：上传、查看、删除文档
- 问答交互区：输入问题、查看答案
- 对话历史区：显示历史问答记录
- 设置区：配置系统参数
- LLM配置区：动态配置LLM提供商和参数

验收标准：

- 界面响应时间 < 200ms
- 支持现代浏览器（Chrome、Firefox、Safari、Edge）
- 操作反馈及时明确

4. 支持移动端适配

F9: LLM提供商切换

功能描述:

支持在运行时动态切换LLM提供商，包括Ollama本地模型和OpenAI兼容API。

输入:

- LLM提供商选择 (ollama/openai)
- 模型名称
- API地址 (可选)
- API密钥 (OpenAI模式)

输出:

- 配置更新状态
- 使用新配置的答案生成

验收标准:

1. 支持Ollama本地模型
2. 支持OpenAI官方API
3. 支持OpenAI兼容API (如DeepSeek、Azure等)
4. 配置切换无需重启应用
5. 配置错误时给出友好提示

F10: 无知识库对话

功能描述:

当知识库为空或无相关文档时，系统切换为普通对话模式，由LLM直接回答。

输入:

- 用户问题
- 对话历史

输出:

- LLM直接生成的答案

验收标准:

1. 知识库为空时正常回答
2. 检索结果全部被过滤时切换为普通对话
3. 明确区分RAG模式和普通对话模式
4. 普通对话模式不显示来源引用

F11: 相似度过滤

功能描述:

对检索结果进行多层过滤，确保只返回高度相关的文档片段。

输入:

- 检索结果列表
- 相似度阈值
- 重排序分数阈值

输出:

- 过滤后的高相关结果

验收标准:

1. 预过滤：原始向量相似度 ≥ 0.5
2. 最终过滤：融合分数 ≥ 0.25 且重排序分数 > 0
3. 确保不相关问题（如“你好”）不会返回无关文档
4. 过滤日志可追踪

F12: 流式输出

功能描述:

支持答案的流式输出，用户可实时看到生成过程。

输入:

- 用户问题
- 流式模式开关

输出:

- 逐字符/逐token的答案流

验收标准:

1. 首字节响应时间 < 1秒
2. 支持切换流式/非流式模式
3. 流式输出过程中可中断
4. 流式输出完成后正确显示来源

3. 非功能需求

3.1 性能需求

需求编号	需求项	指标	说明
NF1-1	检索响应时间	< 500ms	从问题输入到返回检索结果
NF1-2	答案生成时间	< 5s	完整答案生成时间
NF1-3	文档索引速度	> 1000字符/秒	文档向量化速度
NF1-4	首字节时间	< 1s	流式输出首字节响应时间
NF1-5	配置切换时间	< 2s	LLM配置热切换时间

3.2 可靠性需求

需求编号	需求项	指标	说明
NF2-1	系统可用性	> 99%	正常运行时间占比
NF2-2	错误恢复	< 30s	异常后自动恢复时间
NF2-3	数据持久化	100%	索引数据不丢失
NF2-4	服务降级	自动	LLM不可用时的优雅降级

3.3 可扩展性需求

需求编号	需求项	指标	说明
NF3-1	并发用户	≥ 5	同时支持的用户数
NF3-2	文档容量	≥ 1000 篇	支持的文档数量
NF3-3	模块解耦	高	模块间低耦合，易于替换
NF3-4	LLM可扩展	高	易于添加新的LLM提供商

3.4 易用性需求

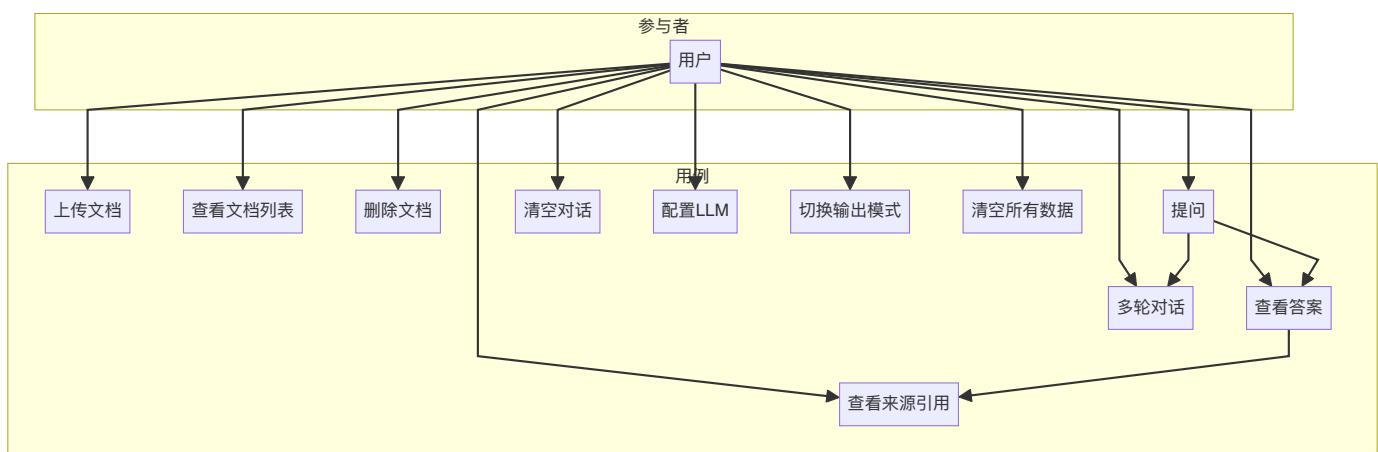
需求编号	需求项	指标	说明
NF4-1	学习成本	< 5分钟	新用户上手时间
NF4-2	操作步骤	< 3步	完成问答的操作步骤
NF4-3	错误提示	明确	提供清晰的错误信息和解决建议
NF4-4	配置直观	高	LLM配置界面清晰易懂

3.5 安全性需求

需求编号	需求项	说明
NF5-1	文件类型校验	仅允许指定格式文件上传
NF5-2	文件大小限制	单文件不超过50MB
NF5-3	内容过滤	防止恶意内容注入
NF5-4	API密钥保护	密码框显示, 日志脱敏

4. 用例分析

4.1 用例图



4.2 用例详细描述

UC1: 上传文档

项目	内容
用例名称	上传文档
参与者	用户
前置条件	用户已打开系统界面
后置条件	文档成功上传并建立索引
基本流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用户点击上传按钮 2. 选择本地文档文件 3. 系统验证文件格式和大小 4. 系统解析文档内容 5. 系统建立向量索引 6. 显示上传成功提示
异常流程	<ol style="list-style-type: none"> 3a. 文件格式不支持 → 提示错误 3b. 文件过大 → 提示限制 4a. 解析失败 → 提示重试

UC4: 提问

项目	内容
用例名称	提问
参与者	用户
前置条件	系统已初始化（可无文档）
后置条件	返回答案
基本流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用户在输入框输入问题 2. 用户点击发送按钮或按回车 3. 系统检索相关文档片段 4. 系统进行相似度过滤 5. 系统生成答案（RAG或普通模式） 6. 显示答案及来源引用（如有）
异常流程	<ol style="list-style-type: none"> 3a. 检索结果全部被过滤 → 切换普通对话模式 5a. LLM调用失败 → 显示错误提示

UC9: 配置LLM（新增）

项目	内容
用例名称	配置LLM
参与者	用户
前置条件	用户已打开系统界面
后置条件	LLM配置更新生效
基本流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用户选择LLM提供商 (Ollama/OpenAI) 2. 根据提供商填写配置参数 3. 用户点击保存配置 4. 系统验证配置 5. 系统更新LLM客户端 6. 显示配置成功提示
异常流程	<p>4a. API Key为空 → 提示必填 5a. 连接失败 → 提示检查服务</p>

UC11: 清空所有数据 (新增)

项目	内容
用例名称	清空所有数据
参与者	用户
前置条件	系统已有索引数据
后置条件	所有数据被清空
基本流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用户点击"清空全部"按钮 2. 系统清空向量数据库 3. 系统清空BM25索引 4. 系统清空对话历史 5. 系统清空UI显示 6. 显示清空成功提示

5. 数据需求

5.1 输入数据

数据项	类型	格式	说明
文档文件	文件	PDF/TXT/DOCX/MD	用户上传的文档
用户问题	文本	UTF-8字符串	用户输入的问题
配置参数	JSON	键值对	系统配置
LLM配置	JSON	键值对	LLM提供商、模型、API等

5.2 输出数据

数据项	类型	格式	说明
答案文本	文本	Markdown	生成的答案
来源引用	JSON	结构化数据	答案来源信息
状态反馈	JSON	结构化数据	操作状态
置信度	浮点数	0-1	答案置信度评分

5.3 存储数据

数据项	存储方式	说明
文档文本块	ChromaDB	向量化存储
文档元数据	ChromaDB	与向量关联存储
BM25索引	内存	稀疏检索索引
对话历史	内存缓存	会话级存储

6. 接口需求

6.1 用户接口

- Web浏览器界面（基于Gradio）
- 支持桌面和移动端访问

6.2 外部接口

接口名称	类型	说明
嵌入模型API	本地	文本向量化服务(BGE-M3)
Ollama API	本地/远程	本地LLM服务
OpenAI API	远程	OpenAI兼容API服务
重排序模型	本地	BGE-reranker服务

6.3 内部接口

详见概要设计文档中的模块接口定义。

7. 约束与限制

7.1 技术约束

- 使用Python作为主要开发语言
- 使用开源模型和工具
- 支持本地部署运行
- 支持多种LLM后端

7.2 资源约束

- 内存要求: $\geq 8\text{GB}$
- 存储要求: $\geq 10\text{GB}$
- GPU (可选) : 支持CUDA的NVIDIA显卡

7.3 时间约束

项目需在规定课程期限内完成开发和测试。

8. 验收标准

验收项	标准	权重
功能完整性	所有功能需求实现	40%
性能指标	满足非功能需求	20%
代码质量	规范、可读、可维护	15%
文档完整性	需求、设计、测试文档齐全	15%
创新特性	实现创新功能点	10%

9. 创新点总结

创新点	描述	价值
混合检索	BM25+向量检索融合	提高检索准确率
智能分块	语义边界感知分块	保持语义完整性
答案溯源	来源标注与高亮	增强可解释性
结果重排序	Cross-Encoder重排	提升相关性
相似度多层过滤	预过滤+最终过滤	过滤不相关结果
LLM动态切换	运行时切换LLM	灵活配置
无知识库对话	自动切换对话模式	增强用户体验
OpenAI兼容API	支持多种API	扩展性强

附录A: 术语表

术语	英文	说明
RAG	Retrieval-Augmented Generation	检索增强生成
LLM	Large Language Model	大语言模型
向量嵌入	Vector Embedding	将文本转换为向量表示
语义检索	Semantic Search	基于语义理解的检索
BM25	Best Matching 25	经典的稀疏检索算法
Cross-Encoder	-	交叉编码器，用于重排序
Ollama	-	本地LLM运行平台

附录B: 参考资料

1. Lewis, P., et al. "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks." NeurIPS 2020.
2. LangChain Documentation: <https://docs.langchain.com/>
3. ChromaDB Documentation: <https://docs.trychroma.com/>
4. Ollama Documentation: <https://ollama.ai/>
5. BGE Models: <https://huggingface.co/BAAI/bge-m3>