

Oracle向量数据库与RAG应用

- [Oracle向量数据库与RAG应用](#)
 - [介绍](#)
 - [前提条件](#)
 - [环境准备](#)
 - [实验1：大语言模型部署（仅讲师操作）](#)
 - [下载模型](#)
 - [用vLLM部署模型](#)
 - [测试部署](#)
 - [实验2：直接与LLM对话（非RAG）](#)
 - [实验3：RAG方式与LLM对话](#)
 - [比较实验2和实验3的结果，理解导致差异的原因](#)
 - [实验4：Oracle库内向量化流水线操作](#)
 - [准备数据表](#)
 - [加载文件](#)
 - [执行【文件转换-->文档拆分-->向量化】流水线](#)
 - [向量相似度检索](#)
 - [RAG](#)
 - [总结](#)

介绍

本实验是Oracle向量数据库动手实验的第二部分内容。

本节将实验向量数据库的一个典型应用场景：RAG。在RAG的解决方案中，组件要素主要包括：大语言模型（LLM）、向量嵌入模型（embedding model）、向量数据库以及Rerank模型（非必要，根据实际情况可选，本实验不涉及Rerank模型）。

预计时间：**1.5小时**

目标

- 了解Oracle向量数据类型及基本操作
- 了解向量相似度检索，包括精确检索和近似检索
- 了解常用的向量索引类型
- 了解向量模型的部署以及Oracle数据库与外部向量模型的结合
- 了解向量模型的导入以及Oracle数据库的库内向量化操作
- 了解库外向量化及库内向量化的优劣现状及前景

前提条件

参与者已经熟悉Oracle数据库向量检索的基本操作，最好是已经参加了Oracle向量数据库动手实验的第一部分内容。

环境准备

1. Oracle 23ai 数据库
2. SQL Developer 23.1.1

实验1：大语言模型部署（仅讲师操作）

此节内容仅讲师动手操作及讲解。

大语言模型是生成式AI的关键部分。本实验中，我们将选用开源的通义千问模型：Qwen2-7B-Instruct
考虑到硬件资源因素，本操作仅由讲师完成。

下载模型

从魔搭社区 (modelscope) 下载：[Qwen2-7B-Instruct](#)

用vLLM部署模型

在GPU机器上可以采用vLLM来部署模型。vLLM是一个模型加速库，能大幅提升推理效率及并发。

安装Python环境及vLLM工具：

```
conda create -n vllm python=3.12

conda activate vllm

pip install vllm
```

启动运行：

```
python -m vllm.entrypoints.openai.api_server --port 8098 --model
/home/ubuntu/ChatGPT/Models/Qwen/Qwen2-7B-Instruct --served-model-name Qwen2-7B-
Instruct --device=cuda --dtype auto --max-model-len=2048
```

测试部署：

```
curl http://146.235.226.110:8098/v1/chat/completions \
-H "Content-Type: application/json" \
-d '{
  "model": "Qwen2-7B-Instruct",
  "messages": [
    {"role": "system", "content": "You are a helpful assistant."},
    {"role": "user", "content": "Tell me something about large language
models."}
  ]
}'
```

实验2：直接与LLM对话（非RAG）

先运行如下语句，打开输出信息，这样dbms_output就能在脚本输出窗口中输出打印信息了。

```
SET SERVEROUTPUT ON;
```

以下PL/SQL代码是直接调用LLM API的过程，也可以用其它语言实现，步骤或逻辑都一样。

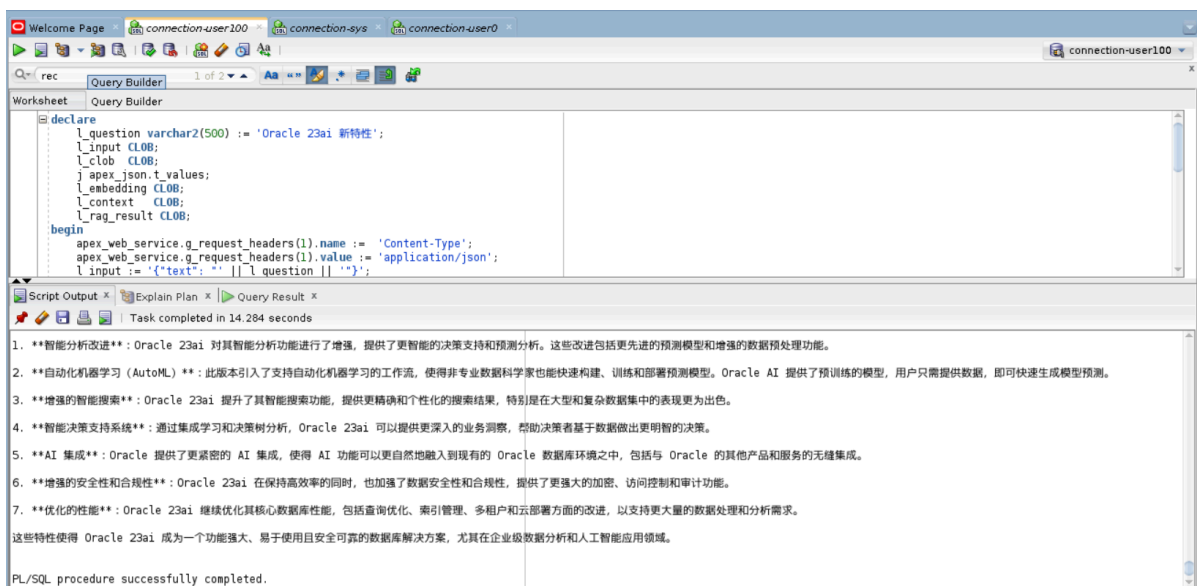
```
declare
    l_question varchar2(500) := 'Oracle 23ai 新特性';
    l_input CLOB;
    l_clob CLOB;
    j apex_json.t_values;
    l_embedding CLOB;
    l_context CLOB;
    l_rag_result CLOB;
begin
    apex_web_service.g_request_headers(1).name := 'Content-Type';
    apex_web_service.g_request_headers(1).value := 'application/json';
    l_input := '{"text": "' || l_question || '"}';

    -- 第一步：提示工程：给大语言模型明确的指示
    l_input := '{
        "model": "Qwen2-7B-Instruct",
        "messages": [
            {"role": "system", "content": "你是一个诚实且专业的数据库知识问答助手，请回答用户提出的问题。"},
            {"role": "user", "content": "' || l_question || '"}
        ]
    }';

    -- 第二步：调用大语言模型，生成RAG结果
    l_clob := apex_web_service.make_rest_request(
        p_url => 'http://146.235.226.110:8098/v1/chat/completions',
        p_http_method => 'POST',
        p_body => l_input
    );
    apex_json.parse(j, l_clob);
    l_rag_result := apex_json.get_varchar2(p_path =>
        'choices[%d].message.content', p0 => 1, p_values => j);

    dbms_output.put_line('*** Result: ' || chr(10) || l_rag_result);
end;
/
```

运行结果：



实验3：RAG方式与LLM对话

先运行如下语句，打开输出信息，这样dbms_output就能在脚本输出窗口中输出打印信息了。

```
SET SERVEROUTPUT ON;
```

以下PL/SQL代码是执行 RAG 的过程，也可以用其它语言实现，步骤或逻辑都一样。

```
declare
    l_question varchar2(500) := 'Oracle 23ai 新特性';
    l_input CLOB;
    l_clob CLOB;
    j apex_json.t_values;
    l_embedding CLOB;
    l_context CLOB;
    l_rag_result CLOB;
begin
    apex_web_service.g_request_headers(1).name := 'Content-Type';
    apex_web_service.g_request_headers(1).value := 'application/json';
    l_input := '{"text": "' || l_question || '"}';

    -- 第一步：向量化用户问题
    l_clob := apex_web_service.make_rest_request(
        p_url => 'http://146.235.226.110:8099/workshop/embedding',
        p_http_method => 'POST',
        p_body => l_input
    );
    apex_json.parse(j, l_clob);
    l_embedding := apex_json.get_varchar2(p_path => 'data.embedding', p_values =>
j);
    -- dbms_output.put_line('*** embedding: ' || l_embedding);

    -- 第二步：从向量数据库中检索出与问题相似的内容
    for rec in (select document, json_value(cmetadata, '$.source') as src_file
        from lab_vecstore
        where dataset_name='oracledb_docs'
        order by VECTOR_DISTANCE(embedding, to_vector(l_embedding))
        FETCH FIRST 3 ROWS ONLY) loop
```

```

l_context := l_context || rec.document || chr(10);
end loop;

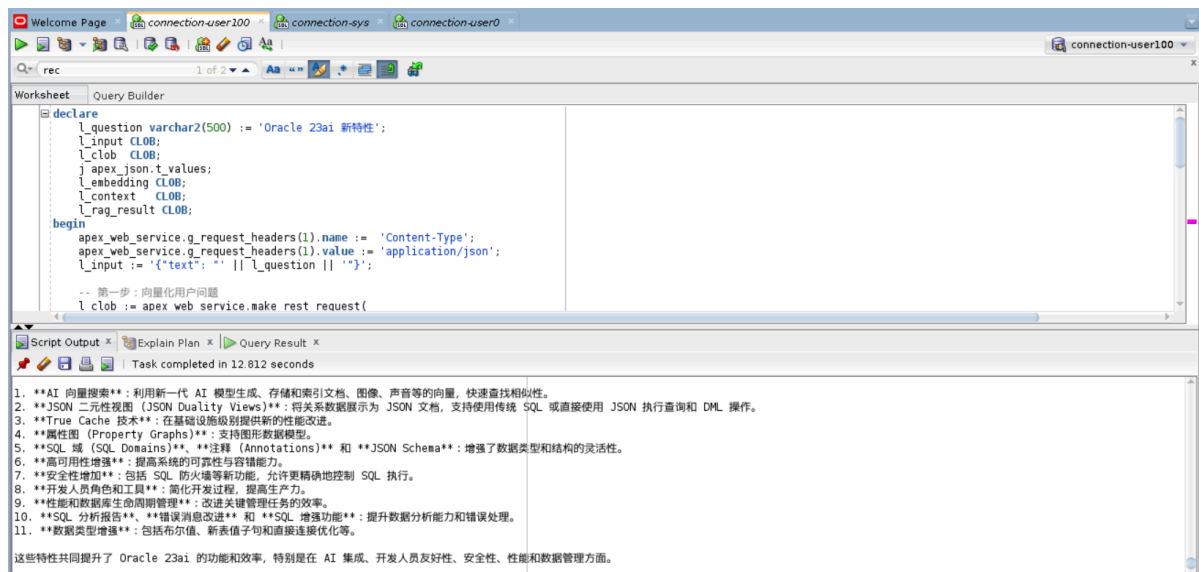
-- 第三步：提示工程：将相似内容和用户问题一起，组成大语言模型的输入
l_input := '{
    "model": "Qwen2-7B-Instruct",
    "messages": [
        {"role": "system", "content": "你是一个诚实且专业的数据库知识问答助手，请仅仅根据提供的上下文内容，回答用户的问题，且不要试图编造答案。\\n 以下是上下文内容：' ||
replace(l_context, chr(10), '\\n') || '"},
        {"role": "user", "content": "' || l_question || '（请仅根据提供的上下文内容回答）"}
    ]
}';

-- 第四步：调用大语言模型，生成RAG结果
l_clob := apex_web_service.make_rest_request(
    p_url => 'http://146.235.226.110:8098/v1/chat/completions',
    p_http_method => 'POST',
    p_body => l_input
);
apex_json.parse(j, l_clob);
l_rag_result := apex_json.get_varchar2(p_path =>
'choices[%d].message.content', p0 => 1, p_values => j);

dbms_output.put_line('*** RAG Result: ' || chr(10) || l_rag_result);
end;
/

```

运行结果：



比较实验2和实验3的结果，理解导致差异的原因

请观察和思考实验2和实验3的结果，理解导致二者结果差异的关键因素。

实验4：Oracle库内向量化流水线操作

Oracle数据库提供一系列工具，让用户可以用极简单的方式将源数据向量化并加载到数据库中。

本节主要目的在于：了解在Oracle库内实现一个完整的从源文件到生成向量数据 这样一个库内流水线操作：PDF文件 --> 文件文件 --> 文件分块 --> 生成向量数据。



Oracle 数据库提供了一系列的工具方法，以方便向量的操作。这些方法主要封装在 DBMS_VECTOR / DBMS_VECTOR_CHAIN 这两个包中，可以直接调用。例如：

- dbms_vector_chain.utl_to_text: 将文件转换为文本格式，如PDF格式转换为文本格式。
- dbms_vector_chain.utl_to_chunks: 将文档以块的形式拆分成多个块
- dbms_vector_chain.utl_to_embeddings: 将文档块进行向量化（批量形式）。
- dbms_vector_chain.utl_to_generate_text: 调用大语言模型，生成RAG结果。

对于【PDF文件 --> 文件文件 --> 文件分块 --> 向量化】这样一个复杂的过程，利用上面这些工具方法，在Oracle数据库中仅通过一条SQL语句即可实现。下面我们展示一下这个过程：

准备数据表

```
-- 用来加载存储源文件
create table RAG_FILES (
    file_name varchar2(500),
    file_content BLOB
);

-- 用来存储文件块以及对象的向量
CREATE TABLE RAG_DOC_CHUNKS (
    "DOC_ID" VARCHAR2(500),
    "CHUNK_ID" NUMBER,
    "CHUNK_DATA" VARCHAR2(4000),
    "CHUNK_EMBEDDING" VECTOR
);
```

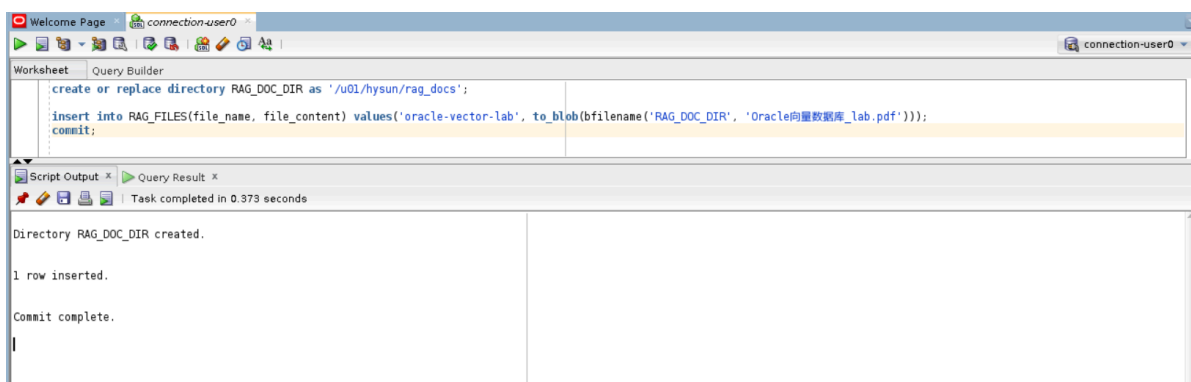
加载文件

加载文件有多种方式，比如从对象存储中加载、从文件服务器加载等等。为简单起见，本实验中预先将一个PDF文件上传到数据库服务器上，从本地目录加载文件。

```
-- 首先，将文件手工上传至 /u01/hysun/rag_docs 目录
-- 本实验中已经预先上传了一个PDF文件（内容就是本实验的PDF指导文件）

-- 然后再创建数据库目录，如下
create or replace directory RAG_DOC_DIR as '/u01/hysun/rag_docs';

-- 从数据目录下加载源文件入库
insert into RAG_FILES(file_name, file_content) values('oracle-vector-lab',
to_blob(bfilename('RAG_DOC_DIR', 'Oracle向量数据库_lab.pdf')));
commit;
```



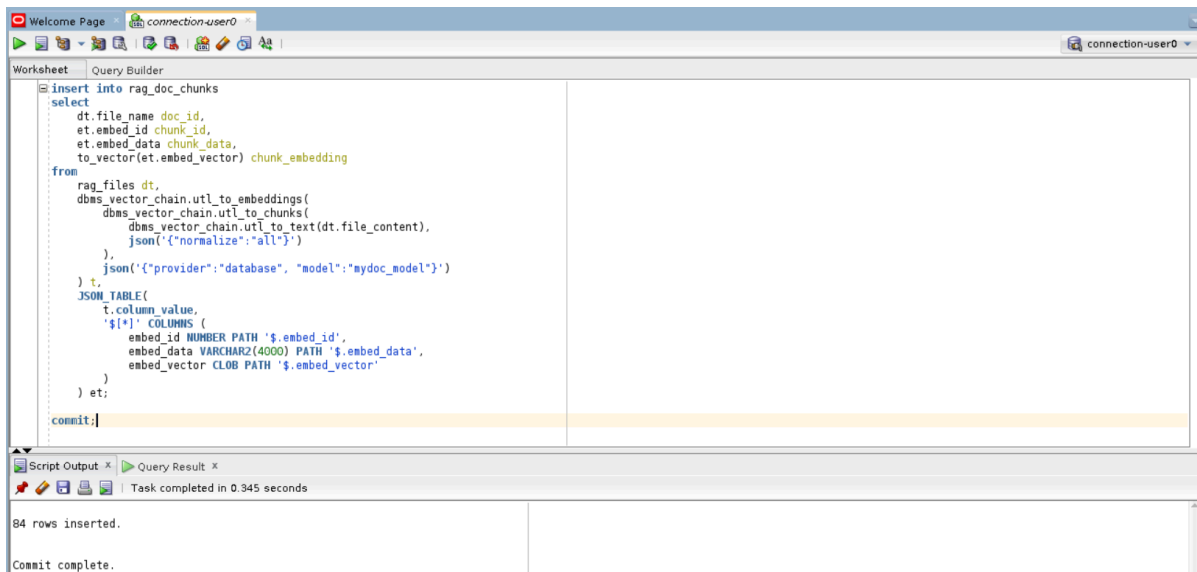
执行【文件转换-->文档拆分-->向量化】流水线

以下用一条SQL完成了【PDF格式 -> 文本格式 -> 文档分块 -> 向量化】这样一个比较复杂的流程：

```
insert into rag_doc_chunks
select
  dt.file_name doc_id,
  et.embed_id chunk_id,
  et.embed_data chunk_data,
  to_vector(et.embed_vector) chunk_embedding
from
  rag_files dt,
  dbms_vector_chain.utl_to_embeddings(
    dbms_vector_chain.utl_to_chunks(
      dbms_vector_chain.utl_to_text(dt.file_content),
      json('{"normalize":"all"}')
    ),
    json('{"provider":"database", "model":"mydoc_model"}')
  ) t,
  JSON_TABLE(
    t.column_value,
    '$[*]' COLUMNS (
      embed_id NUMBER PATH '$.embed_id',
      embed_data VARCHAR2(4000) PATH '$.embed_data',
      embed_vector CLOB PATH '$.embed_vector'
    )
  )
```

```
) et;

commit;
```



向量相似度检索

源数据完成向量化后，就可以利用 VECTOR_DISTANCE 进行向量相似度检索了。

```
select *
from rag_doc_chunks
order by VECTOR_DISTANCE(chunk_embedding, VECTOR_EMBEDDING(mydoc_model USING '本次实验的先决条件' as data), COSINE)
FETCH FIRST 3 ROWS ONLY;
```



RAG

```
set serveroutput on;

declare
  l_question varchar2(500) := '完成本次实验的前提条件需要哪些';
  l_input CLOB;
  l_clob CLOB;
  j apex_json.t_values;
  l_context CLOB;
  l_rag_result CLOB;

begin
  -- 第一步: 从向量数据库中检索出与问题相似的内容
  for rec in (
    select
```



```

        chunk_data
    from rag_doc_chunks
    order by VECTOR_DISTANCE(chunk_embedding, VECTOR_EMBEDDING(mydoc_model
USING l_question as data), COSINE)
    FETCH FIRST 3 ROWS ONLY
) loop
    l_context := l_context || rec.chunk_data || chr(10);
end loop;

-- 第二步：提示工程：将相似内容和用户问题一起，组成大语言模型的输入
l_context := replace(replace(replace(l_context, ' ', ''), ' ', '\ '),
chr(10), '\n');

l_input := '{
    "model": "Qwen2-7B-Instruct",
    "messages": [
        {"role": "system", "content": "你是一个诚实且专业的数据库知识问答助手，请仅仅
根据提供的上下文内容，回答用户的问题，且不要试图编造答案。\\n 以下是上下文内容：' ||
replace(l_context, chr(10), '\\n') || '"},
        {"role": "user", "content": "' || l_question || '（请仅根据提供的上下文内
容回答）"}
    ]
}';

-- 第三步：调用大语言模型，生成RAG结果
l_clob := apex_web_service.make_rest_request(
    p_url => 'http://146.235.226.110:8098/v1/chat/completions',
    p_http_method => 'POST',
    p_body => l_input
);
apex_json.parse(j, l_clob);
l_rag_result := apex_json.get_varchar2(p_path =>
'choices[%d].message.content', p0 => 1, p_values => j);

dbms_output.put_line('*** RAG Result: ' || chr(10) || l_rag_result);
end;
/

```

The screenshot shows the Oracle SQL Developer interface. The top window is the 'Script Builder' window, which contains the PL/SQL code from the previous block. The bottom window is the 'Script Output' window, which displays the execution results. The output shows that the PL/SQL procedure completed successfully and displays the RAG result.

```

Welcome Page | connection-user0 | connection-sys
Worksheet | Query Builder
-- 第二步：提示工程：将相似内容和用户问题一起，组成大语言模型的输入
l_context := replace(replace(replace(l_context, ' ', ''), ' ', '\ '),
chr(10), '\n');

l_input := '{
    "model": "Qwen2-7B-Instruct",
    "messages": [
        {"role": "system", "content": "你是一个诚实且专业的数据库知识问答助手，请仅仅
根据提供的上下文内容，回答用户的问题，且不要试图编造答案。\\n 以下是上下文内容：' ||
replace(l_context, chr(10), '\\n') || '"},
        {"role": "user", "content": "' || l_question || '（请仅根据提供的上下文内
容回答）"}
    ]
}';

-- 第三步：调用大语言模型，生成RAG结果
l_clob := apex_web_service.make_rest_request(
    p_url => 'http://146.235.226.110:8098/v1/chat/completions',
    p_http_method => 'POST',
    p_body => l_input
);
apex_json.parse(j, l_clob);
l_rag_result := apex_json.get_varchar2(p_path =>
'choices[%d].message.content', p0 => 1, p_values => j);

dbms_output.put_line('*** RAG Result: ' || chr(10) || l_rag_result);
end;
/

Script Output | Query Result
Task completed in 3.309 seconds
- mydoc_model 应是一个预先训练好的模型，能够将文本数据转换为向量表示，这可能需要使用自然语言处理（NLP）库（例如：Gensim, TensorFlow, PyTorch，或者专门的数据库如 Annoy，HNSW，或基于图的索引）。
- 文档数据（rag_doc_chunks 和 data）应已经准备就绪，包含足够的结构化信息以便进行分块和嵌入处理。

具体的先决条件还可能包括数据库架构、硬件资源（内存、CPU等）、所需的编程或查询语法知识，以及对特定NLP任务（如文本相似度计算）的理解。

PL/SQL procedure successfully completed.

*** RAG Result:
本次实验的先决条件包括：
1. 需要参与者对向量数据库及Oracle向量数据库有一个基本的概念上的了解。
2. 有基本的PL/SQL技能，这可能指的是使用PL/SQL进行数据库操作的能力。

PL/SQL procedure successfully completed.

```

总结

至此，我们已经完成了Oracle向量数据库的动手实验第二部分。在本节中，我们重点实现了结合Oracle向量检索的RAG应用。本节中，我们RAG的实现用的是PL/SQL，实际上它是不局限于用哪种编程语言的，比如 Python、Java、Go 等等都可以。

本实验的重点在于如何利用Oracle向量检索实现RAG应用的原理和方法。对于RAG应用，能否生成高质量的回答，除了大语言模型本身的能力外，还取决于高质量的输入文档和文档拆分技术或方式、构建相对合理的提示词（提示工程）、等等其它诸多方面，需要结合实际情况综合考虑。