

Web信息处理与应用 实验一

实验简介

结合给定的电影，书籍的标签信息，实现对电影和书籍的检索，在索引的基础上，结合用户评价信息及用户间的社交关系，进行个性化电影和书籍推荐

实验环境

- System: Win 11
- 开发工具: Vscode, Pycharm community
- 编程语言: python
- 编程环境: Anaconda
- Repository: [Github仓库](#)

实验成员

- 组长: 方馨 PB22111656
- 组员: 马筱雅 PB22111639
- 组员: 陈昕琪 PB22111711

代码目录

```
|—report
| |   report.md
| |   report.pdf           //实验报告
| |   └assets
|—stage1
| |   book_split.py        //book分词
| |   compress.py          //压缩
| |   create_dict.py       //创建倒排表和跳表
| |   movie_split.py       //movie分词
| |   README.md
| |   search.py            //布尔索引
| |   split_word.py        //分词
| |   tempCodeRunnerFile.py
| |—dataset                //基础数据
| |—result
| |   block_compressed.json
| |   book_block_compressed.json      //book按块压缩
| |   book_compressed_revert_dict.bin //book可变长度编码压缩
| |   book_keyword.json
| |   book_keyword_zip.json           //book分词结果
| |   book_reverted_dict.json         //book倒排表
| |   book_skip_dict.json            //book跳表
| |   movie_block_compressed.json     //movie按块压缩
| |   movie_compressed_revert_dict.bin //movie可变长度编码压缩
| |   movie_keyword.json
| |   movie_keyword_zip.json          //movie分词结果
| |   movie_reverted_dict.json        //movie倒排表
```

```
| | movie_skip_dict.json //movie跳表
└─stage2
    | data_process.py // 处理数据的函数，包括时间编码，向量生成等
    | index_mapping.py // 数据集文件
    | Model.py // BiasSVD模型
    | preprocess.py // 预处理文件，调用data_process中的函数
    | train.py //训练文件
    |
    └─dataset
        book_score.csv
        book_tag_embedding_dict.pkl // book Tag编码
        movie_score.csv
        selected_book_top_1200_data_tag.csv
        selected_movie_top_1200_data_tag.csv
        tag_embedding_dict.pkl
```

实验内容

第一阶段 豆瓣数据的索引

1. 对数据进行预处理

- 两种分词方法说明，使用 `jieba` 和 `SnowNLP` 两种分词工具。
 - `jieba`：支持三种分词模式：
 - 精确模式，试图将句子最精确地切开，适合文本分析；
 - 全模式，全是一种比较宽松的分词模式，它会将文本中所有可能的词语都分出来，速度非常快，但是不能解决歧义（不考虑这种模式）；
 - 搜索引擎模式，在精确模式的基础上，对长词再次切分，提高召回率，适合用于搜索引擎分词。
 - `SnowNLP`：一个用python写的类库，可用于中文分词，词性标注，情感分析等。
- 两种分词方法比较：
 - 在去除停用词的情况下，直观比较分词文件结果大小可以发现用 `jieba` 的精确模式文件大小为 4546kb，`jieba` 的搜索引擎模式文件大小为 5269kb，`SnowNLP` 文件大小为 5090kb。
 - 进一步对比发现，`SnowNLP` 倾向于把词分的更短更细致，比如对于“不象话”这个词，`SnowNLP` 把它分成了“不象”和“话”两个词。而 `jieba` 的精确模式倾向于将词语精确地切开，分的是“不象话”这个完整的词。`jieba` 的搜索引擎模式则会保留多种分割结果，分的是“不象”“象话”和“不象话”三个词。还有 `jieba` 的精确模式分词“村上春树”，`jieba` 的搜索引擎模式分为“村上”和“村上春树”，而 `SnowNLP` 分词“村”“上”“春”“树”等等，这样的例子还有很多。在这个布尔检索项目中，`jieba` 的搜索引擎模式一方面对于不确定的词语保留了分词的多种可能，对比精简模式有更高的召回率，又不像 `SnowNLP`，把词语分的过于琐碎，有些词语失去了完整性。我认为 `jieba` 的搜索引擎模式分词召回率更高且词语更为完整。因此选择 `jieba` 的搜索引擎模式完成接下来的实验部分。但是值得注意的是，在后续合并近义词时，多种分词结果可能会被当做近义词合并，将相似度设置为较高的0.9可以避免一部分这种情况，但仍值得思考。
- 去除停用词
 - 选用哈工大停用词表，去除词项中的停用词。
 - 以下为文件大小对比

文件内容	文件大小
不做处理的分词的未压缩的书籍倒排索引表	4296kb
压缩后的书籍倒排索引表	487kb
不做处理的分词的未压缩的电影倒排索引表	14176kb
压缩后的电影倒排索引表	1385kb
去除停用词后的未压缩的书籍倒排索引表	4012kb
压缩后的书籍倒排索引表	454kb
去除停用词后的未压缩的电影倒排索引表	13458kb
压缩后的电影倒排索引表	1316kb

由此，去除停用词使压缩后的倒排索引表文件大小减小为95%左右。

- 合并近义词

核心代码如下：

```
for i in range(len(extracted_word)):
    if extracted_word[i] not in self.single_id_info and extracted_word[i] != '':
        #不在列表中的词加入
        flag = 0
        embeddings1 = model.encode(extracted_word[i])
        for j in range(1):
            #若和列表中的词词意相近则删除，否则加入
            embeddings2 = self.embeddings[j]
            if model.similarity(embeddings1, embeddings2).item() > 0.9:
                flag = 1
                break
        if flag == 0:
            self.single_id_info.append(extracted_word[i])
            self.embeddings.append(embeddings1)
            l += 1
```

- 使用 `sentence_transformers` 库分析两个词语的相似度，遍历某本书或某个电影的所有词项，相似度高于0.9的合并。
- 去除停用词且合并近义词后的未压缩的书籍倒排索引表文件大小 2656kb，压缩后的书籍倒排索引表文件大小 339kb，去除停用词后且合并近义词的未压缩的电影倒排索引表文件大小 8331kb，压缩后的电影倒排索引表文件大小 927kb。去除停用词且合并近义词对比仅去除停用词，使压缩后的倒排索引表文件大小减小为70%左右，提升效果显著。

2. 建立倒排索引表和跳表指针

- 倒排表的建立

遍历预处理生成的 `keyword` 数据集，如果是新的词项则创建列表，如果已经存在，则将其按照 ID 升序的顺序插入到对应的倒排表中

核心代码如下：

```

for key, items in self.dict.items():
    for item in items:
        key_value = int(key)
        if key_value not in self.reverted_dict[item]:
            bisect.insort(self.reverted_dict[item], key_value) # 按照顺序插入

```

- 跳表指针的生成

对于已经实现的倒排索引表，遍历所有的关键词，为每个关键词生成跳表，根据其倒排表的长度计算跳表的间隔并生成跳表节点。

这里用 \sqrt{L} 作为跳表间隔，其中L为倒排表长度

核心代码如下：

```

def _create_skip_list(self, keyword):
    length = len(self.reverted_dict[keyword])
    self.length[keyword] = length # 记录倒排表长度
    # 取跳表间隔为关键词长度的平方根
    length_sqrt = int(length ** 0.5)
    self.interval[keyword] = max(1, length_sqrt) # 确保间隔至少为1
    # 设置头节点
    if self.length[keyword] > 1:
        skip_length = self.interval[keyword]
    else:
        skip_length = 0
    self.list_head[keyword] = ((self.reverted_dict[keyword][0]),
    skip_length, 0) # 文档ID;跳表间隔;初始索引值
    self.skip_dict[keyword] = [self.list_head[keyword]]

    for i in range(self.interval[keyword], self.length[keyword] -
    self.interval[keyword], self.interval[keyword]):
        # 以跳表间隔为步长，遍历倒排表
        # 元组赋值为对应ID;下一个节点索引值;当前节点索引值
        node = ((self.reverted_dict[keyword][i]), i +
        self.interval[keyword], i)
        # 添加到序列
        self.skip_dict[keyword].append(node)

    # 当前最后一个节点索引值
    cur_last_index = len(self.skip_dict[keyword])*self.interval[keyword]
    if cur_last_index < len(self.reverted_dict[keyword])-1:
        # 未到最后一个节点
        node = ((self.reverted_dict[keyword]
        [cur_last_index]), len(self.reverted_dict[keyword])-1, cur_last_index)
        # 添加尾节点
        self.skip_dict[keyword].append(node)

```

- 输出结果：

在分词合并实现的 keyword.json 文件的基础上，创建倒排索引表和跳表，输出文件部分截图如下：

- 倒排索引表

```

result > {} book_reverted_dict.json > ...
7433      "当代": [
7872          4159088,
7873          4238362,
7874          4238754,
7875          4714734,
7876          4741216,
7877          4886245,
7878          5289756,
7879          5292912,
7880          5317075,
7881          5363767,
7882          5385852
7883      ],
7884      "敢死": [
7885          1046265
7886      ],
7887      "敢死队": [
7888          1046265
7889      ],
7890      "青春": [
7891          1000534,
7892          1001193,
7893          1001896,
7894          1002299,
7895          1002898,
7896          1003000,
7897          1003078,
7898          1006004,
7899          1006073,
7900          1006646,
7901          1007305,
7902          1007334,

```

用字典存储倒排表，tag 作为键值，列表中存储包含该 tag 的 ID

- 跳表

```

result > {} book_skip_dict.json > ...
114      "读": [
191          3140001,
192          240,
193          225
194      ],
195      [
196          4074636,
197          242,
198          240
199      ]
200  ],
201  "tonylist": [
202      [
203          1046265,
204          0,
205          0
206      ]
207  ],
208  "传说": [
209      [
210          1003078,
211          7,
212          0
213      ],
214      [
215          1020959,
216          14,
217          7
218      ],
219      [

```

跳表中每个节点的结构包含了三个元素，分别是文档ID，下一个节点的索引值和当前节点的索引值。

3. 布尔查询

提高索引速度可以通过对文档ID进行按序排列，借助跳表等方法。在构建倒排表时已经实现了文档ID的升序存储，因此在索引时，我们借用已经实现的倒排表，进行快速索引。

- 基本操作符

- AND

对两个倒排表求交集，首先根据 `tag` 获取到两个倒排表和对应的跳表。在两个表的开头分别放置指针，如果两个倒排表的当前 ID 相等，则将该 ID 添加到结果列表 `ret` 中，并同时增加两个索引。如果不相等，则增加较小 ID 所在的列表的索引。

其中跳跃通过循环实现，如果当前节点的 ID 在第一个列表中小于第二个列表中，且跳跃后的 ID 也小于，则跳过多个节点。

- OR

对两个倒排表求并集，获取到两个倒排表和对应的跳表。如果两个倒排表的当前 ID 相等，则将该 ID 添加到结果列表 `ret` 中，并同时增加两个索引。如果不相等，则增加较小 ID 所在的列表的索引，并将该 ID 添加到结果列表 `ret` 中。最后对剩余元素进行处理，将元素添加到结果列表中。

- AND NOT

从第一个倒排表中移除出现在第二个倒排表中的文档ID，即求差集。如果两个倒排表的当前 ID 相等，则同时增加两个索引。如果不相等，则增加较小 ID 所在的列表的索引，并将该 ID 添加到结果列表 `ret` 中。最后如果第一个倒排表还有剩余元素，则添加到结果列表中。

- NOT

从预先存储的文档ID列表中去掉传入的倒排表中的所有ID，利用AND_NOT方法，即可实现

- 对于处理完的基础操作二元表达式，需要对结果创建新的跳表，用于递归调用，处理复杂语句

- 文法输入设计

输入允许括号，`AND`，`OR`，`NOT` 四种运算符，实现的文法如下

```
<expression> ::= <term> | <expression> "OR" <term>
<term> ::= <factor> | <term> "AND" <factor> | <term> "AND NOT" <factor>
<factor> ::= "NOT" <factor> | "(" <expression> ")" | <keyword>
<keyword> ::= "tag" # 倒排表中的tag
```

其中，`<expression>` 是表达式，可以是一个 `<term>` 或者是 `<expression>` 和 `"OR"` 连接的 `<term>`。

`<term>` 表示项，可以是一个 `<factor>`、`<term>` 和 `"AND"` 连接的 `<factor>`，或 `<term>` 和 `"AND NOT"` 连接的 `<factor>`。

`<factor>` 表示因子，可以是 `"NOT"` 连接的 `<factor>`、括号括起来的 `<expression>`，或者是一个 `<keyword>`。

`<keyword>` 表示关键词，即倒排表中的关键词。

当输入时，首先对其进行归一化处理，排查括号的中英文是否正确或者大小写中英文，全部转化为英文括号和大写操作符。之后先递归的匹配左括号，找到对应的右括号之后，再递归寻找，直到所有的括号都被拆除后，根据递归顺序匹配字符串，进行操作。最后返回找到的 ID，然后输出 ID 值。

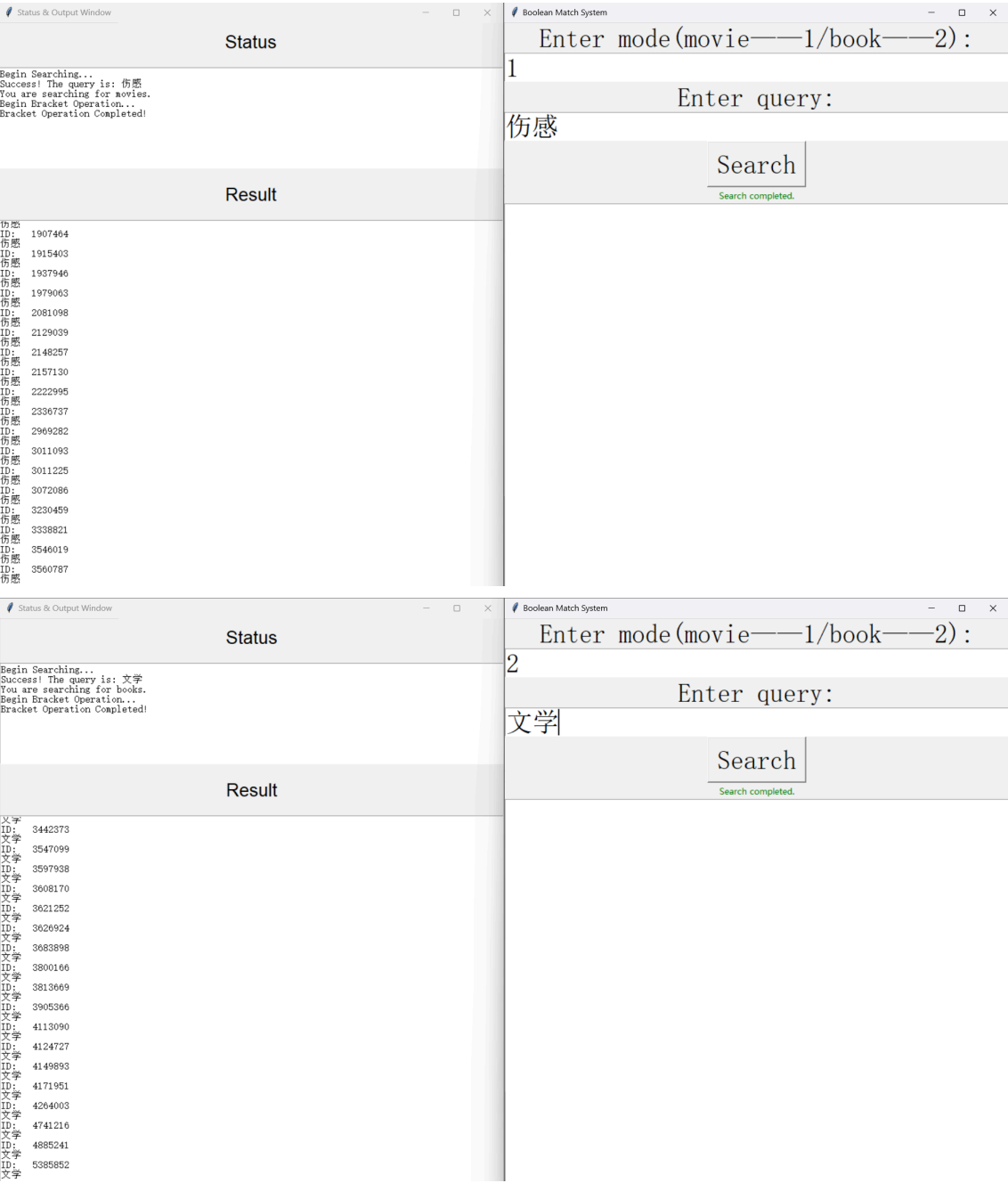
为了佐证找到的 ID 是正确的，又不影响输出窗口的简介，仅输出 ID 对应的书籍/电影中出现的表达式中包含的 tag。

- 输入输出窗口

通过调用 `tkinter` 库创建两个窗口，一个用于选择模式，一个用于输出状态和结果

- 如果输入的表达式有误，则会在状态栏进行提醒
- 如果符合输入表达式的ID没有找到，则在结果栏输出无结果
- 正常找到的情况下，会在结果窗口输出ID和相应的tag

测试结果如下：



Status & Output Window

Status

Begin Searching...
Success! The query is: 文学 AND 国外
You are searching for movies.
Begin Bracket Operation...
Bracket Operation Completed!

Result

国外
ID: 1920805
文学
ID: 1939414
国外
ID: 2037012
文学
ID: 2054933
国外
ID: 2268359
文学
ID: 2300586
国外
ID: 2334904
文学
ID: 2996640
国外
ID: 3120852
文学
ID: 3628370
国外
ID: 3986493
文学
ID: 4151110
国外

Boolean Match System

Enter mode(movie——1/book——2):
1

Enter query:
文学 AND 国外

Search

Search completed.

Status & Output Window

Status

Begin Searching...
Success! The query is: 大学 AND 读
You are searching for books.
Begin Bracket Operation...
Bracket Operation Completed!

Result

大学
ID: 2256039
读
ID: 2336093
大学
ID: 3311009
读
ID: 3344676
大学
ID: 3369600
读
ID: 3682204
大学
ID: 3905366
读
ID: 3995526
大学
ID: 4010196
读
ID: 4011440
大学
ID: 4159088
读
ID: 4886245
大学

Boolean Match System

Enter mode(movie——1/book——2):
2

Enter query:
大学 AND 读

Search

Search completed.

Status & Output Window

Status

Begin Searching...
Success! The query is: (动作 OR 国外) AND (剧情 OR 专业)
You are searching for movies.
Begin Bracket Operation...
Bracket Operation Completed!
Begin Bracket Operation...
Bracket Operation Completed!
Bracket Operation Completed!

Result

ID: 3683409
剧情
ID: 3718447
动作
ID: 3734112
剧情
ID: 3737102
动作
ID: 3742360
剧情
ID: 3754946
动作
ID: 3792816
剧情
ID: 3813779
动作
ID: 3908423
剧情
ID: 3928370
动作
ID: 4057312
剧情
ID: 4074158
剧情

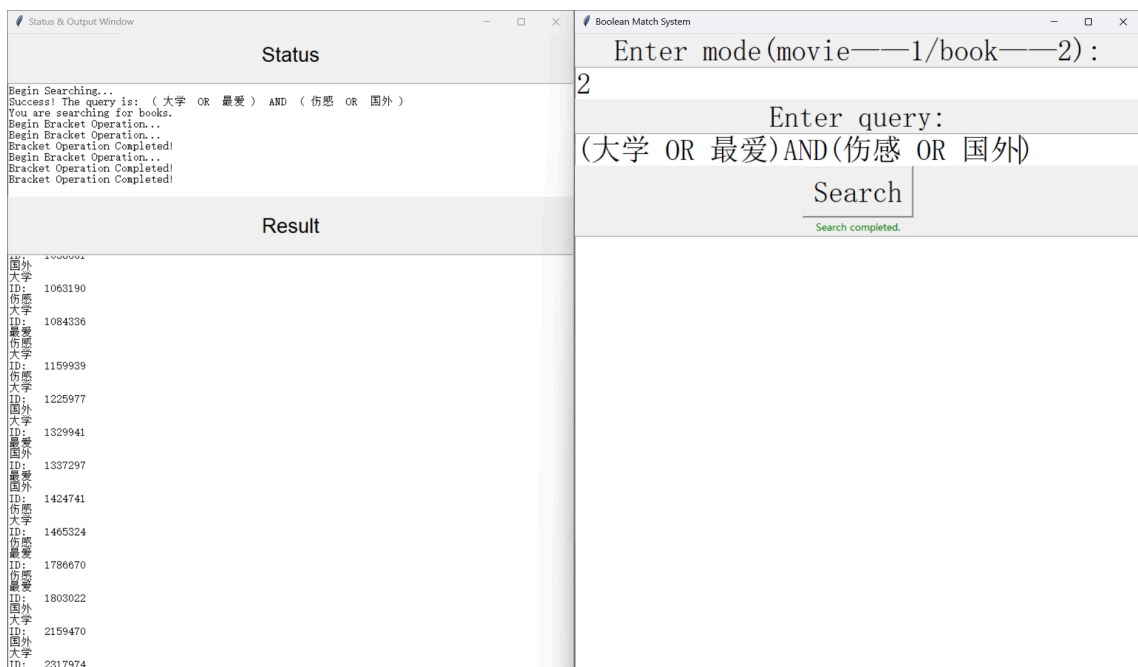
Boolean Match System

Enter mode(movie——1/book——2):
1

Enter query:
(动作 OR 国外)AND(剧情 OR 专业)

Search

Search completed.



4. 实现索引压缩

通过两种压缩方法实现存储，分别是按块存储和可变长度编码

- 按块存储

遍历每个字典，如果是每个块中的第一个字典，则记录长度，并将当前字典的长度转换为字符串追加到词项字符串中，更新计数器的值

```
# 按块存储
def compress_block(dict_list, block=4):
    dict_string = ""
    # 生成词项字符串
    i = 0
    # 记录生成字典字符串的指针位置
    dict_ptr = []
    for dict in dict_list:
        if i == 0:
            dict_ptr.append(len(dict_string))
            dict_string = dict_string + str(len(dict)) + '.'.join(map(str, dict))
            i = (i + 1) % block
    return dict_ptr, dict_string
```

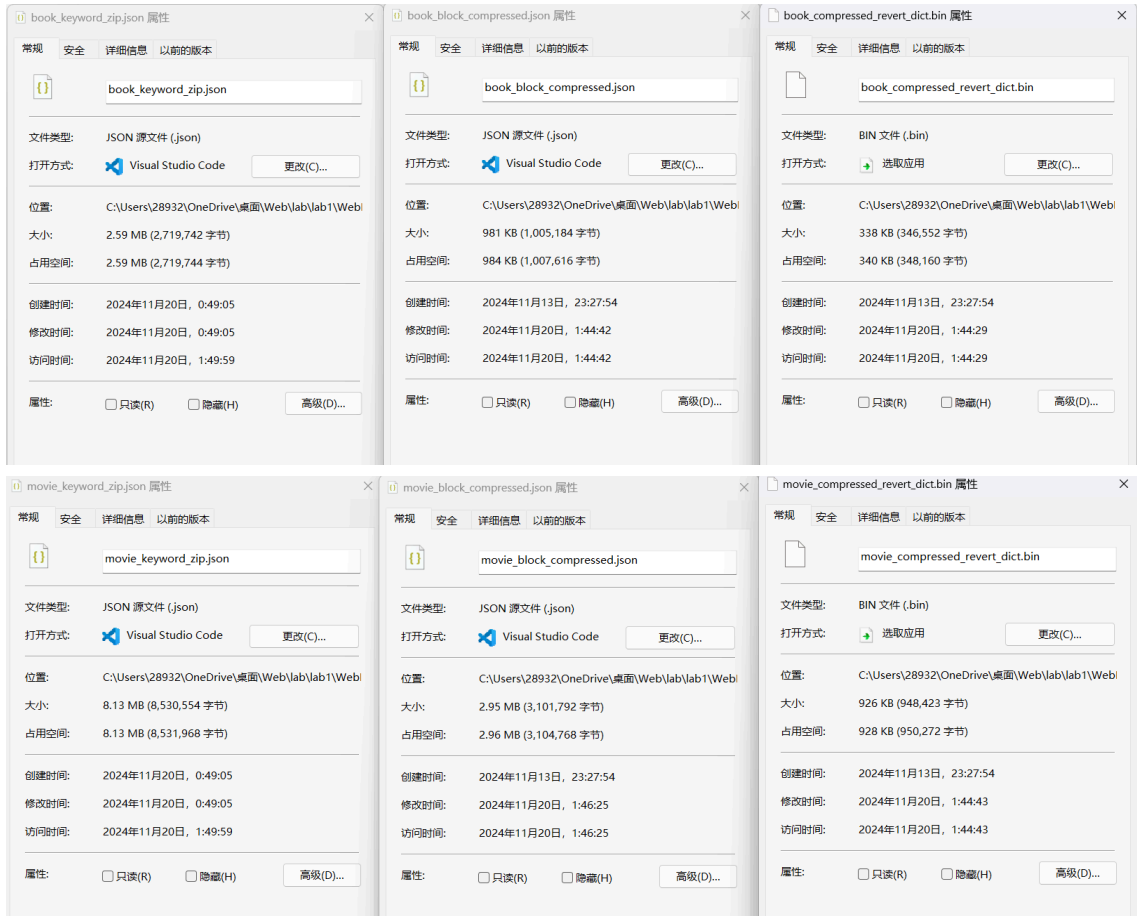
- 可变长度编码

首先，通过计算相邻文档ID之间的差值，将原始文档ID列表转换为差值列表。并对差值列表进行可变长度编码。对于每个差值，将其转换为7位一组的二进制表示，并使用前面的组来表示较大数值。最后将每个编码组的最后一组的最高位设置为1，表示结束。

```
def compress_encode(doc_ids) -> bytes:
    # 计算文档id间距
    size = len(doc_ids)
    for i in range(size-1,0,-1):
        doc_ids[i] = doc_ids[i] - doc_ids[i-1]
    # 将数据转化为bit
    encode_doc = []
    for i in range(size):
```

```
bit = []
while doc_ids[i] >= 128: # 7位划分
    low7bit = doc_ids[i] % 128
    bit.insert(0, low7bit)
    doc_ids[i] = doc_ids[i] // 128
if doc_ids[i] > 0:
    bit.insert(0, doc_ids[i])
bit[-1] = bit[-1] + 128
for k in range(len(bit)):
    encode_doc.append(bit[k])
result = bytes(encode_doc)
return result
```

- 效果展示



可见压缩效果较好

第二阶段 豆瓣数据的个性化检索与推荐

代码结构

基础设定

- 学习率为 $lr = 0.005$
- 测试集比例为 0.4
- 模型选用 BiassVD

运行方式

- 首先对数据进行预处理，`python preprocess.py`，该步骤的作用是把 Tag 转换成向量，同时对时间进行转换。对于 Book 类型，已经进行了转换。
- 训练：`python train.py --mode (Tag, Time , both or None) --item (Movie or Book)`

模型选择

在用户的评分数据中，评分可能跟用户本身的习惯和物品本身有关，而在基础的矩阵分解模型中，并未考虑到用户的打分偏好等因素，因此在本实验中，采用考虑偏置项的矩阵分解模型，即 BiasSVD。

在 BiasSVD 中，设置用户偏置项 b_u ，物品偏置项 b_i ，以及全局偏置项 u ，则可以得到预测函数为

$$\hat{r} = u + b_i + b_u + p_u^T q_i$$

损失函数为

$$cost = \sum_{u,i \in R} (r - \hat{r})^2 + \lambda (\sum_u \|p_u\|^2 + \sum_i \|q_i\|^2 + \sum_u b_u^2 + \sum_i b_i^2)$$

BiasSVD 模型代码为

```
class BiasSVD(nn.Module):
    def __init__(self, user_number, item_number, embedding_dim, hidden_state,
mean, dropout=0.2):
        super(BiasSVD, self).__init__()
        self.user_embedding = nn.Embedding(user_number, embedding_dim)
        self.item_embedding = nn.Embedding(item_number, embedding_dim)
        # 用户和物品偏差
        self.user_bias = nn.Embedding(user_number, 1)
        self.item_bias = nn.Embedding(item_number, 1)
        self.tag_weight = nn.Parameter(torch.FloatTensor([1.0]))
        self.global_bias = nn.Parameter(torch.FloatTensor([mean]))
        self.dropout = nn.Dropout(dropout)

    def forward(self, user_id, item_id, tag_embedding, time=0, Time = False,
Tag=False):
        item_embed = self.item_embedding(item_id)
        user_embed = self.user_embedding(user_id)
        user_bias = self.user_bias(user_id).squeeze()
        item_bias = self.item_bias(item_id).squeeze()
        item_embed = self.dropout(item_embed)
        user_embed = self.dropout(user_embed)
        return (user_embed * item_embed).sum(dim=1) + user_bias + item_bias +
self.global_bias
```

预测结果

```
PS C:\Users\Lenovo1\Desktop\homework\web\lab1\stage2\own\data\final> python train.py --mode None
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 0, Train loss: 36.20588507703555, Test loss:, 12.109459384795159, Average NDCG: 0.710214538800931
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 1, Train loss: 11.602094034994803, Test loss:, 7.085218737202306, Average NDCG: 0.7122584547269972
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 2, Train loss: 6.846436792804349, Test loss:, 5.087294732370684, Average NDCG: 0.7153880856124311
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 3, Train loss: 4.860770102470152, Test loss:, 4.038990147652164, Average NDCG: 0.7192043828468001
93it [00:44, 2.09it/s]
Epoch 4, Train loss: 3.815955482503419, Test loss:, 3.399386513617731, Average NDCG: 0.7231735330501675
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 5, Train loss: 3.178870398511169, Test loss:, 3.0134943185314054, Average NDCG: 0.7270277623349001
93it [00:43, 2.12it/s]
Epoch 6, Train loss: 2.8153874156295613, Test loss:, 2.778037009700652, Average NDCG: 0.7319416855625436
93it [00:44, 2.11it/s]
Epoch 7, Train loss: 2.5706865197868756, Test loss:, 2.629399391912645, Average NDCG: 0.7353601109154487
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 8, Train loss: 2.4017055906275266, Test loss:, 2.537245611990652, Average NDCG: 0.739335558605262
93it [00:44, 2.08it/s]
Epoch 9, Train loss: 2.2875690126931794, Test loss:, 2.463595082682948, Average NDCG: 0.7434363321406801
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 10, Train loss: 2.2157140521592993, Test loss:, 2.4021546725303895, Average NDCG: 0.7483381665205842
93it [00:43, 2.12it/s]
Epoch 11, Train loss: 2.1304197016582695, Test loss:, 2.3982953217721756, Average NDCG: 0.7506454784576004
93it [00:44, 2.09it/s]
Epoch 12, Train loss: 2.0705181488426785, Test loss:, 2.338660820837944, Average NDCG: 0.7551263472977385
93it [00:41, 2.26it/s]
Epoch 13, Train loss: 2.043484410931987, Test loss:, 2.3382993282810336, Average NDCG: 0.7567967127111144
93it [00:35, 2.61it/s]
Epoch 14, Train loss: 1.9652496384036156, Test loss:, 2.2962208640190864, Average NDCG: 0.7605528598544355
93it [00:37, 2.45it/s]
Epoch 15, Train loss: 1.9495068403982347, Test loss:, 2.2875813514955583, Average NDCG: 0.7629199684650506
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 16, Train loss: 1.9019903367565525, Test loss:, 2.267391477861712, Average NDCG: 0.7638369807548077
93it [00:43, 2.12it/s]
Epoch 17, Train loss: 1.8927032742449033, Test loss:, 2.259659940196622, Average NDCG: 0.7655685831778041
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 18, Train loss: 1.8595494980453162, Test loss:, 2.251920500109273, Average NDCG: 0.766401513392336
93it [00:44, 2.11it/s]
Epoch 19, Train loss: 1.8535583275620655, Test loss:, 2.241276010390251, Average NDCG: 0.7679570485933362
```

考虑时间因素的预测

考虑到时间会对评分有影响，比如与某时刻相近的评分和该时刻的评分结果更相关。因此有以下思路：

- 考虑时间的周期性，将时间按照年、月或者日映射，由于月和日均具有周期性，将其进行编码。经过对于数据的观察，不同评分数据之间年份有跨度，会损失一部分信息，故放弃此种做法。
- 考虑时间的全局性，将总时间转化为天数，对总时间进行编码。选用此种做法。

受到 Transformer 的启发，在本数据集中，时间 `time` 与评分 `rate`、物品 `item` 相对应，因此可以把时间看作是一个 `item` 的位置。故将时间采用正余弦编码的方式转化为向量。在此过程中，把 `time` 看作跟 `item` 有关的属性，同样参考 Transformer 利用位置编码的方式，故在训练过程中，将时间编码与物品编码相加，考虑到时间编码的作用未知，对位置编码设置可学习的权重，即

`item_embed = item_embed + self.time_weight * time_embed`。

具体的时间编码公式如下：

$$\text{timeEmbedding} = [\sin(w_0 t), \cos(w_0 t), \dots, \sin(w_{\frac{d}{2}} t), \cos(w_{\frac{d}{2}} t)]$$

$$\text{其中 } w_i = \frac{1}{10000^{\frac{2i}{d}}}$$

预测结果

```
PS C:\Users\Lenovo1\Desktop\homework\web\lab1\stage2\own\data\final> python train.py --mode Time
93it [00:45, 2.06it/s]
Epoch 0, Train loss: 46.7716067734585, Test loss:, 13.441663326755647, Average NDCG: 0.714941037282076
93it [00:44, 2.07it/s]
Epoch 1, Train loss: 13.390325197609522, Test loss:, 7.196075731708158, Average NDCG: 0.7222443457993702
93it [00:44, 2.08it/s]
Epoch 2, Train loss: 7.3794311605474, Test loss:, 5.019475244706677, Average NDCG: 0.728548074351657
93it [00:44, 2.09it/s]
Epoch 3, Train loss: 5.1338564093394945, Test loss:, 3.911683767072616, Average NDCG: 0.7369182384148896
93it [00:45, 2.07it/s]
Epoch 4, Train loss: 4.0027237553750314, Test loss:, 3.2866009666073706, Average NDCG: 0.7431762954692293
93it [00:35, 2.59it/s]
Epoch 5, Train loss: 3.150399243959816, Test loss:, 2.892577455889794, Average NDCG: 0.7496402789131725
93it [00:44, 2.08it/s]
Epoch 6, Train loss: 2.9069663683573403, Test loss:, 2.627862984134305, Average NDCG: 0.7555587084414372
93it [00:44, 2.09it/s]
Epoch 7, Train loss: 2.622180784902265, Test loss:, 2.4624238321858067, Average NDCG: 0.7616954781269888
93it [00:45, 2.06it/s]
Epoch 8, Train loss: 2.414186603279524, Test loss:, 2.3270565194468342, Average NDCG: 0.7682915202520864
93it [00:44, 2.09it/s]
Epoch 9, Train loss: 2.2754564592915196, Test loss:, 2.234210579626022, Average NDCG: 0.773998232270706
93it [00:44, 2.08it/s]
Epoch 10, Train loss: 2.163539581401374, Test loss:, 2.171872112058824, Average NDCG: 0.7790037588959892
93it [00:36, 2.54it/s]
Epoch 11, Train loss: 2.0861755647966937, Test loss:, 2.105748734166545, Average NDCG: 0.7834585943293094
93it [00:36, 2.57it/s]
Epoch 12, Train loss: 2.031735590709153, Test loss:, 2.0666617924167263, Average NDCG: 0.7867643574064708
93it [00:42, 2.17it/s]
Epoch 13, Train loss: 1.9563790393132034, Test loss:, 2.037619350417968, Average NDCG: 0.7905446286146209
93it [00:42, 2.20it/s]
Epoch 14, Train loss: 1.9239513015234342, Test loss:, 1.9974613997244066, Average NDCG: 0.7938421385510323
93it [00:44, 2.08it/s]
Epoch 15, Train loss: 1.8917343437030751, Test loss:, 1.9960263083058019, Average NDCG: 0.7957905930678365
93it [00:36, 2.57it/s]
Epoch 16, Train loss: 1.8451844453811646, Test loss:, 1.96637390505883, Average NDCG: 0.7984143096574761
93it [00:42, 2.17it/s]
Epoch 17, Train loss: 1.8397301781562068, Test loss:, 1.9550850487524463, Average NDCG: 0.7986181822307925
93it [00:38, 2.40it/s]
Epoch 18, Train loss: 1.8050376702380437, Test loss:, 1.9468205590401926, Average NDCG: 0.8013792880609578
93it [00:41, 2.26it/s]
Epoch 19, Train loss: 1.7979091277686499, Test loss:, 1.9309850181302717, Average NDCG: 0.8015956506219847
```

通过与未加时间因素的结果对比，可知加入时间因素后，训练的 loss 降低，ndcg 明显增加。因此考虑时间因素会增强模型的预测能力和泛化能力，提高精度。

考虑Tag信息的预测

经过观察，在聚合了 Tag 的文件中，Tag 的内容指代不够清晰，没有很明显的主题或者概述性描述，因此先对 Tag 内容进行处理。

- **提取Tag中的关键内容：**对 Tag 中的内容采用 LDA 聚类算法提取主题，一共提取三个主题，每个主题提取出五个关键词，经处理后得到效果如图，可以看出与初始数据相比，聚类后的 Tag 具有更高的概括性，更能反映物品特征。

```
主题 0: 村上春树, 小说, 日本, 挪威的森林, 村上
主题 1: 小资, 文学, 爱情, pre, 情感
主题 2: 青春, literature, novel, 生活, 言情
主题 0: 绘本, literature, fairytale, exupéry, 圣埃克苏佩里
主题 1: 童话, 小王子, 法国, 文学, 经典
主题 2: 小说, 法国, 童书, 心理, 我的收藏
主题 0: 钱钟书, 小说, 文学, 中国, 生活
主题 1: novel, 婚姻, 大爱, 围城, 思想
主题 2: 现当代, 小说, 有趣, classic, 当代文学
```

- **编码Tag：**对聚类后的 Tag，采用与示例代码相似的形式，使用 bert-base-chinese 模型进行编码，从而考虑 Tag 的语义特征。
- **向量变换：**得到 Tag 编码后，使用线性和非线性变换的结合处理 Tag，使之降维，并能更好地提取出物品特征。

- **结合**：分别使用 Tag 对用户和物品进行处理。Tag 一方面反映了用户的偏好，所以使用 Tag 编码与用户编码点乘，相当于用 Tag 信息对用户进行加权，从而提取特征。另一方面，Tag 是物品本身的属性，将 Tag 与物品编码相加，从而结合物品特征。经对比，前者效果较好。

预测结果

```
Epoch 0, Train loss: 6.107036559812484, Test loss:, 4.470636867707776, Average NDCG: 0.7151403045209954
93it [00:43, 2.16it/s]
Epoch 1, Train loss: 4.735125290450229, Test loss:, 3.823480913715978, Average NDCG: 0.7193851695046838
93it [00:47, 1.94it/s]
Epoch 2, Train loss: 3.89947675120446, Test loss:, 3.0483867622190908, Average NDCG: 0.7314820904071514
93it [00:43, 2.15it/s]
Epoch 3, Train loss: 3.337131372062109, Test loss:, 2.6608085209323513, Average NDCG: 0.7410329375275725
93it [00:43, 2.14it/s]
Epoch 4, Train loss: 2.9329217633893414, Test loss:, 2.4443897816442672, Average NDCG: 0.7474734343411387
93it [00:43, 2.15it/s]
Epoch 5, Train loss: 2.6805087340775358, Test loss:, 2.2982527786685574, Average NDCG: 0.7541961069855483
93it [00:46, 2.01it/s]
Epoch 6, Train loss: 2.4870495052747827, Test loss:, 2.1538216048671353, Average NDCG: 0.7607452328053546
93it [00:42, 2.17it/s]
Epoch 7, Train loss: 2.3442483384122133, Test loss:, 2.142163480481794, Average NDCG: 0.7662256183437001
93it [00:42, 2.17it/s]
Epoch 8, Train loss: 2.284677013274162, Test loss:, 2.117930343074183, Average NDCG: 0.7702393450328032
93it [00:44, 2.10it/s]
Epoch 9, Train loss: 2.2375926561253046, Test loss:, 2.1262152848705167, Average NDCG: 0.7700217512955074
93it [00:43, 2.12it/s]
Epoch 10, Train loss: 2.222361615909043, Test loss:, 2.107419527346088, Average NDCG: 0.7753780416812427
93it [00:47, 1.97it/s]
Epoch 11, Train loss: 2.1628442528427287, Test loss:, 2.140168691835096, Average NDCG: 0.7706514058278161
93it [00:47, 1.95it/s]
Epoch 12, Train loss: 2.1440548435334237, Test loss:, 2.1316302476390714, Average NDCG: 0.7755238682335867
93it [00:45, 2.05it/s]
Epoch 13, Train loss: 2.1461884693432878, Test loss:, 2.1306754658299107, Average NDCG: 0.7712081534980694
93it [00:45, 2.05it/s]
Epoch 14, Train loss: 2.112244789318372, Test loss:, 2.1480677281656573, Average NDCG: 0.7735752428614453
93it [00:47, 1.95it/s]
Epoch 15, Train loss: 2.0781835086884035, Test loss:, 2.1352960678838913, Average NDCG: 0.7741869323218429
93it [00:47, 1.95it/s]
Epoch 16, Train loss: 2.0690910995647473, Test loss:, 2.152934608920928, Average NDCG: 0.7733693770684636
93it [00:47, 1.94it/s]
Epoch 17, Train loss: 2.0409174491000432, Test loss:, 2.1411829840752388, Average NDCG: 0.7743674310376555
93it [00:47, 1.96it/s]
Epoch 18, Train loss: 2.064708594352968, Test loss:, 2.1646766047323904, Average NDCG: 0.7725104946456568
93it [00:47, 1.96it/s]
Epoch 19, Train loss: 2.0613525695698236, Test loss:, 2.171684968856073, Average NDCG: 0.7724064130371062
```

结果分析

可以看出 Tag 编码对预测效果有轻微帮助，在前几个训练周期，ndcg 有较大变化，但随着训练次数增加，ndcg 几乎不变，并且与未加 Tag 相比，优化效果较弱。猜测原因可能如下。

- 得到的物品的 Tag 信息内容较多，也包含 item 主要内容，这些属于 item 自身特性（比如书籍主角名字）的 Tag 对提取用户偏好可能用处不大。
- Tag 并未根据评分进行处理，使得所有评分的 Tag 对用户的作用差距较小，从而对评分预测帮助较小。
- 对聚类后的 Tag 进行简单组合编码，对 Tag 的信息提取方式不合理，使得用户与 Tag 的交融不充分，特征提取不充分。
- 数据本身的特点，比如用户评分高的书籍 Tag 之间共性较小。
- 可能优化方向：将得到的 Tag 再次分类，属于 item 共性的内容，比如书籍作者，书籍类型单独编码，通过评分处理后，与用户结合，从而预测用户偏好。对于书籍，将所有 Tag 编码后与书籍编码结合。

实验总结

本次实验使用分词工具对初始文件进行处理、创建倒排表和跳表、进行布尔索引处理逻辑操作和复杂语句、调用模型进行个性化检索。通过编写代码，查询资料，加深了对数据索引和分析的认知，也拓展了课堂上的知识。