个性化视频推荐系统的设计与实现

# 摘 要

各种视频网站以及小视频的出现，自然的会产生大量的视频数据，用户怎么从这么多的视频数据里面选择自己喜欢的资源的问题就产生了，我们用推荐系统来解决此问题。

本论文研究的是个性化视频推荐系统，主要是收集用户的爱好，以及web的操作日志，例如用户的观看记录，观看后对视频的评分等信息。然后通过基于用户的协同过滤算法给用户推荐出符合用户的视频。

系统分为以下几个模块，用户模块:用户的相关操作，日志模块:收集用户在界面的操作日志，推荐模块：按照一定的算法给用户推荐视频，管理模块：对视频和用户的管理，例如添加新视频，修改视频相关信息，定时任务模块：计算推荐数据和执行相关的定时任务。各个模块通过共享数据库来衔接。系统前台使用Bootstrap,jQuery,后台使用Python语言，Django web框架，采用Oracle数据库来开发。

关键词： 视频 协同过滤 推荐系统 模块 Django

Personalized video recommendation system

# Abstract

The emergence of various video website as well as small video, natural will produce a lot of video data, users how to choose from so many video data inside their own resources problems arise, we use the recommendation system to solve the problem.

This paper studies the personalized video recommendation system, which mainly collects users' hobbies, as well as the web operation log, such as the user's viewing records, and the ratings of video after watching. Then we recommend users' video to users based on user collaborative filtering algorithm.

The system is divided into the following modules: user module: user related operation, log module: collect user's operation log in interface, recommend module: recommend video to users according to certain algorithm, management module: management of video and user, for example, adding new video, modifying video related information, timing task module: Calculate recommended data and perform related timing tasks. Each module is connected by a shared database. The system front end uses Bootstrap, jQuery, the background uses Python language, Django web frame, adopts Oracle database to develop.

**Key Words:** video collaborative filtering module recommendation system Django.

目 录

[摘 要 1](#_Toc514498156)

[Abstract 1](#_Toc514498157)

[第一章 绪论 5](#_Toc514498158)

[1.1 研究背景和意义 5](#_Toc514498159)

[1.1.1 研究背景 5](#_Toc514498160)

[1.1.2 研究意义 5](#_Toc514498161)

[1.2 国内外发展状况 6](#_Toc514498162)

[1.2.1 推荐系统国外研究现状 6](#_Toc514498163)

[1.2.2 推荐系统国内研究现状 6](#_Toc514498164)

[1.3 论文内容结构 7](#_Toc514498165)

[1.4 本章小结 7](#_Toc514498166)

[第二章 个性化视频推荐系统相关技术 8](#_Toc514498167)

[2.1 推荐系统开发环境及技术 8](#_Toc514498168)

[2.1.1 PyCharm简介 8](#_Toc514498169)

[2.1.2 Django简介 9](#_Toc514498170)

[2.2 推荐系统架构 9](#_Toc514498171)

[2.2.1 推荐系统的一般架构 9](#_Toc514498172)

[2.3 推荐算法分析 10](#_Toc514498173)

[2.3.1 基于内容 10](#_Toc514498174)

[2.3.2 基于协同 11](#_Toc514498175)

[2.3.3 关联规则 11](#_Toc514498176)

[2.3.4 组合推荐 12](#_Toc514498177)

[2.4 本章小结 12](#_Toc514498178)

[第三章 系统需求分析和概要设计 13](#_Toc514498179)

[3.1 系统需求分析 13](#_Toc514498180)

[3.1.1 系统结构需求分析 13](#_Toc514498181)

[3.1.2 系统功能的需求 13](#_Toc514498182)

[3.2 系统的概要设计 14](#_Toc514498183)

[3.2.1 系统的框架设计 14](#_Toc514498184)

[3.2.2 系统模块的划分 15](#_Toc514498185)

[3.2.3 用户模块的设计 15](#_Toc514498186)

[3.2.4 推荐模块的设计 16](#_Toc514498187)

[3.2.5 日志模块的设计 17](#_Toc514498188)

[3.2.6 管理员的模块设计 17](#_Toc514498189)

[3.2.7 定时任务的模块设计 17](#_Toc514498190)

[3.3 数据库的设计 17](#_Toc514498191)

[3.3.1 表的详细设计 18](#_Toc514498192)

[3.3.2 E-R图 20](#_Toc514498193)

[3.4 本章小结 21](#_Toc514498194)

[第四章 视频推荐系统的详细设计与实现 22](#_Toc514498195)

[4.1 系统实现 22](#_Toc514498196)

[4.1.1 Model层的开发 23](#_Toc514498197)

[4.1.2 View层的开发 24](#_Toc514498198)

[4.1.3 Template层的开发 25](#_Toc514498199)

[4.2 功能实现 25](#_Toc514498200)

[4.2.1 用户模块的实现 25](#_Toc514498201)

[4.2.2 推荐模块的实现 30](#_Toc514498202)

[4.2.3 日志模块的实现 31](#_Toc514498203)

[4.2.4 管理模块的实现 31](#_Toc514498204)

[4.2.5 定时任务模块的实现 34](#_Toc514498205)

[4.3 本章小结 37](#_Toc514498206)

[第五章 个性化视频推荐系统测试 38](#_Toc514498207)

[5.1 单元测试 38](#_Toc514498208)

[5.1.1 用户界面测试 38](#_Toc514498209)

[5.1.2 系统基本功能测试 39](#_Toc514498210)

[5.1.3 系统推荐功能测试 39](#_Toc514498211)

[5.1.4 管理功能测试 40](#_Toc514498212)

[5.2 兼容性测试 40](#_Toc514498213)

[5.3 本章小结 40](#_Toc514498214)

[总结与展望 41](#_Toc514498215)

[参考文献 42](#_Toc514498216)

[致 谢 44](#_Toc514498217)

# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景和意义

### 1.1.1 研究背景

2018年5月16日在天津举行了第二届世界智能大会。看到了各式各样的智能的东西，有一个百度的智能客厅，只要说句话，窗帘能自己关上，自己能开关空调，自己能开关电灯，也能换自己喜欢的电视剧电影等等，这些都标志着我们进入了一个智能时代。那么换电视剧换电影是在我们确切的知道有这个视频，才能切换到，这个就好比我们的搜索功能，只是把文字搜索换成语音搜索，并且搜索出来有很多相近的，需要用户通过自己的主观意识去判断，那个是自己需要的。如果我们的需求不明确，不知道看什么视频，能有什么好的办法吗？

推荐引擎就可以弥补搜索查找的这种不足。它知道你的爱好，知道你喜欢什么，因此可以快速的找到与你兴趣爱好对应的信息，方便了用户的筛选，减少用户看到重复的信息和厌烦的广告甚至不健康的信息，增加了体验效果。

推荐引擎还可以处理的一个问题是信息过多。我们都生活在互联网时代，网络的应用与生活息息相关。去超市不用带现金，坐公交可以不带公交卡，吃饭可以不去饭店等等，这么多的应用因此会产生大量的数据。推荐引擎能从这么多的数据中筛选自己有用的信息。

视频网站也有很多，优酷，腾讯视频，爱奇艺，搜狐等等，还有很热的小视频抖音，快手，火山等，用户随手一拍就可以产生一个。每一个里面都根据自己的特点构建了推荐引擎，界面有推荐功能。

### 1.1.2 研究意义

每个人所属的行业不同，因此关注的领域不一样，不论推荐系统是推荐什么，主要的问题是把用户关注的领域的各方面都能推荐给用户，如果是以领域划分的推荐系统，那么应该把这一领域的历史，相关的资料文章，以及涉及到人物等等都可以推荐给用户。这样对信息的传播也是一很有价值，当然这些在技术实现上也需要很大的研究和发展。如果我们是推荐物品，那么抓住用户的兴趣是非常重要，达到个性化的推荐，有些系统的推荐是针对所有的用户，与用户的兴趣爱好并不相符，进而不是个性化的。应该站在用户的角度多考虑问题，减少用户的输入，提高自动化推荐的功能。最后还要能建立在用户以前的会话基础上，这样才能达到个性化的推荐。

## 1.2 国内外发展状况

### 1.2.1 推荐系统国外研究现状

“个性化推荐系统”一词是在1995年3月，斯坦福大学的MarkoBalabanovic等人在美国人工智能协会上所提出的。从此开启了推荐系统在互联网方面的大门。学术界在这方面也投入了大量的资源，取得了不错的成果，尤其对推荐算法的研究。美国的Amazon，不管是在过内还是国外，在推荐系统方面起步比较早的公司，并且也做的比较成熟。在1998年运用基于物品的协同过滤算法搭建了推荐系统。2003年在IEEE Internet Computing上发表了基于物品的协同过滤算法，该算法逐渐被传开。后来在2010年YouTube也是用协同过滤算法做他们的视频推荐，Netflix也有他们的推荐系统，并且Netflix的人员声称他们的观看记录大多是来自他们的推荐系统推荐的电影。

### 1.2.2 推荐系统国内研究现状

国内的互联网虽然没有国外的起步早，但是近几年发展非常迅速。推荐系统方面也不例外。比如在国内非常受关注的个性化推荐网站豆瓣。在2009年7月，我国出现了在推荐系统方面的研究团队。2011年9月，李彦宏将推荐引擎等划入未来发展的方向。渐渐的国内在推荐系统应用方面也逐步扩大，在电商中有淘宝京东推荐商品，音乐方面有网易云，阅读方面的有知乎，视频相关的有优酷，土豆等还有最近很热的快手，抖音等等的小视频都有大量的应用，还有根据自己平常用的APP来说，大多数里面都有推荐这个功能。因此，推荐技术经过这些年的发展，已经深入到我们生活当中了。

在国内，在推荐系统方面的研究主要集中在推荐算法和模型的构建，现在我们已经进入了大数据的时代，互联网上可以爬去大量的数据，通过机器学习然后训练构建切实际的模型。算法的研究主要是改进算法，例如范波等人应用了一种基于用户间多相似度的协同过滤算法来改进单一的评分相似度的缺点。

## 1.3 论文内容结构

此论文的讲解由五部分构成，各部分的基本内容如下：

第一章，讲解研究推荐系统的原因，研究推荐系统有什么意义，以及国内外在推荐系统方面的研究状况进行概述。

第二章，讲解个性化视频推荐系统开发涉及到的技术，以及推荐系统普遍的框架构成，和推荐系统中常用的推荐算法。

第三章，从软件工程的角度考虑问题，讲解系统的需求分析，概要设计，数据库的设计。

第四章，从开发实现的角度讲解，给出具体的实现流程，落实于实现思路。

第五章，为了系统能够稳定安全的运行，进行系统测试。

## 1.4 本章小结

本章主要讲解研究个性化视频推荐系统有什么意义，为什么要研究，以及推荐系统在国内外的发展状况，第三小节对整个论文的结构内容进行了概括，以便读者能够提前了解论文的讲解思路。

# 第二章 个性化视频推荐系统相关技术

## 2.1 推荐系统开发环境及技术

个性化视频推荐系统用面向对象的解释性Python语言开发，在强大的PyCharm集成开发环境软件的支持下，利用开放源代码的Django Web框架所开发，这样能够降低设计的成本，节省开发时间。系统开发和运行环境介绍如下：

硬件环境：CPU类型为i5,内存为8G；

数据库系统：oracle 11.2.0

开发工具：HTML、JavaScript、CSS、Python3.6、PyCharm

项目框架：前台BootStrap、后台使用Django Web框架

代码管理：github

### 2.1.1 PyCharm简介

PyCharm是JetBrains公司开发的一款商业的Python集成开发环境，如图2.1,编写代码会给出提示，不同的语法颜色不同，例如关键字，字符串等等字体颜色不一样，并且集成版本控制管理工具，对开发人员的操作提供便利，最主要的是有调式功能，对每一个开发人员，调式是开发人员必备技能，很快能定位到错误的位置。我们的系统是web型的，该编辑器还支持web开发。

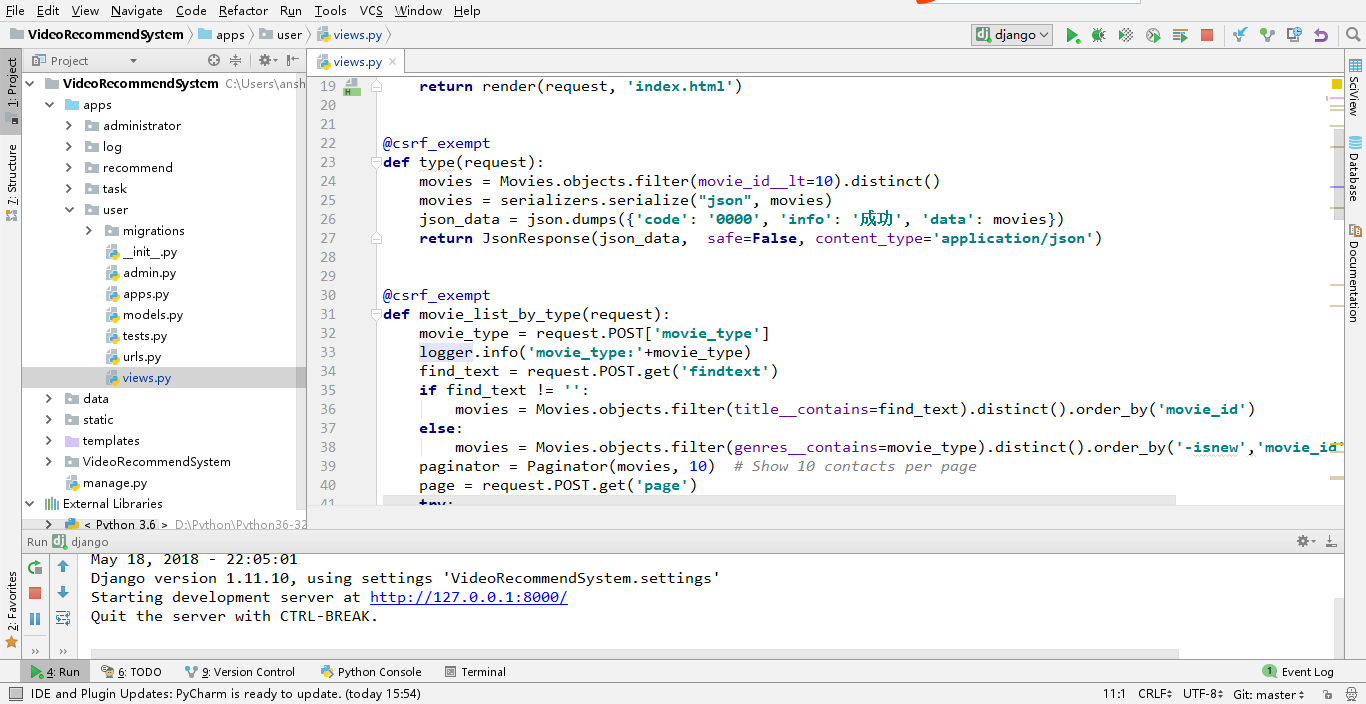


图2.1 PyCharm工作平台

### 2.1.2 Django简介

基于Python的web框架有Django，Flask，Tornado，Bottle等等,本系统采用Django框架，是一个开放源代码的Web型框架。使用了MTV的架构模式，即模型M（model），模板T（template）和视图V（view）。提供了很多的模块，最主要的有admin模块，可以管理后台。并且能很好的集成第三方的插件。还有他内置web服务器，这样给开发测试带来了极大好处。如图2.2是Django的工作模型。



图2.2 Django工作模型

## 2.2 推荐系统架构

### 2.2.1 推荐系统的一般架构

推荐系统一般分为三个模块，推荐模块，UI模块，日志模块。推荐引擎是土推荐系统的大脑，这个需要根据实际的系统不断查漏补缺，优化推荐算法。大型的推荐系统都不会用单一的推荐算法，因为这样推荐的效果非常差，在数据处理方面也会用离线计算和实时计算相结合的方式。最后混合推荐的数据，这个可以在后台通过权值混合或者在前台交给用户来切换。UI部分由三部分构成：第一，展示推荐结果，视频商品的话可以是缩略图标题，新闻的话可以是标题关键词等等，是具体情况而定。第二是为什么推荐此项目，例如评分或关键词，可以增加用户的信任度。第三是回馈，让用户与系统交互，更新推荐结果。日志模块主要采集用户反馈的结果，为推荐模块提供有效的数据，方便训练符合用户特点的模型给用户推荐恰当的物品。如图2.3是推荐系统一般架构，包含各个模块之间的联系。



图2.3 推荐系统一般架构

## 2.3 推荐算法分析

有推荐功能的系统相比普通系统当然是多了推荐功能，推荐系统的核心是推荐算法，常见的推荐算法分类见图2.4。接下来对常见的推荐算法做一简单描述。



图2.4 推荐算法分类

### 2.3.1 基于内容

基于内容推荐算法的基本思路是，寻找用户曾经感兴趣的项目，给用户推荐与他曾经喜爱的项目类似的项目。例如：在淘宝当中，每当进入任何一个物品页面的时候都会有一个“推荐”栏目，这时候他就会根据你经常购买的物品给你推荐相似的物品。对于我经常购买电子产品，因此他会给我推荐比较相似的电子产品。

基于内容的实现主要解决两个问题。第一，确定用户的喜好，根据用户过去的浏览历史记录用python的模块jieba或者其他工具提取其中的关键词。第二判断两个物品的相似性，根据提取的关键词，运用TF-IDF算法来实现推荐。此算法可以运用热点新闻的推荐，但是有冷启动的问题。

### 2.3.2 基于协同

协同过滤是比较著名的推荐算法。协同过滤推荐算法分为两类，分别是基于用户的协同过滤算法，和基于物品的协同过滤算法。举例来说基于用户的协同过滤算法，就是推荐相似值较高的用户喜欢的项目推荐给当前用户，它与基于内容的推荐算法区别是站在用户的角度考虑。例如，小明和小花是好朋友，某一天小明买了一本书，然后评价很好，系统会把这本书推荐给小花。

具体的实现分为两步，首先查找最近的邻居，可以运用余弦相似度公式，然后计算推荐列表，缺点主要有稀疏问题和新用户问题。

### 2.3.3 关联规则

这个算法一般用在超市或者电商系统当中，我们举例子来说明这个算法，如图2.5中，可以发现五条交易记录中，三条就有啤酒，尿布，因此可以构成尿布->啤酒这条规则，可以猜想购买尿布的人也许会购买啤酒。当然这些规则之间的关系需要一定的数据支撑。

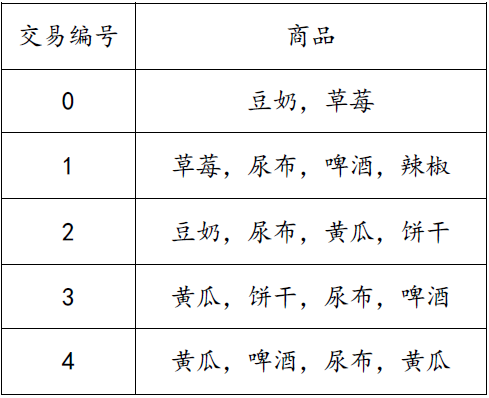


图2.5 关联规则商品

### 2.3.4 组合推荐

金无足赤，人无完人。当然，算法也不列外，以上各个算法都有优缺点，在实际运用当中，可以把某几个算法相结合，组合的目的就是用一些算法的优点去弥补一些算法的缺点，这样可以给用户推荐更好的项目。组合的方式各种各样，例如用协同过滤推荐算法与基于内容的推荐相结合，每个方法推荐一个结果，然后可以给每一个结果赋以权重推送给用户。

## 2.4 本章小结

本章介绍了此系统开发过程用到的一些主要技术和工具，接着对推荐系统架构从更高一层级，更抽象的角度做了简单分析介绍，最后对常用的推荐算法做了分析介绍，各种算法都用什么优缺点，以便用符合自己系统的推荐算法。

# 第三章 系统需求分析和概要设计

## 3.1 系统需求分析

系统需求分析是确定我们即将开发的系统必须有哪些功能，系统的逻辑模型是在需求分析阶段确定的，它是以后设计和实现系统的基础，也是系统开发人员、开发过程和开发成本等一系列前期需求制定的详细计划。如果没有详细的需求分析，可能在以后开发过程中会出现更改数据库，更改架构甚至重新开始，这样会浪费人力财力。

### 3.1.1 系统结构需求分析

本系统采用当下流行的BS结构（Browser/Server,浏览器/服务器结构）设计，对于开发和维护来说，只要开发完成，发布在服务器上，维护也在服务端维护就可以，客户端可以说是零维护。对于用户，只需要一个浏览器，就可以访问，不需要像CS结构（Client/Server,客户端/服务器结构）一样需要安装客户端，这样对用户的应用提供了更便捷的方式。

### 3.1.2 系统功能的需求

通过对当下的视频网站和有推荐功能的网站进行分析，此类系统主要分类两个部分，前台和后台，前台供用户使用，后台供管理使用。前台是用户交互的界面，用户可以注册成为新用户，告诉系统自己的兴趣爱好，系统会根据你的爱好推荐相应的视频，这样能够化解推荐系统面临的问题之一：冷启动。用户观看视频后进行评分，系统根据用户的评分以及用户浏览的历史，用这些数据不断的训练模型，推荐恰当的视频给用户。后台管理是对整个推荐系统的视频、用户和推荐算法的维护，，不断的采集新视频数据，然后添加到系统，供用户观看，然后可以对一些视频信息做更改以及系统用户的维护。

## 3.2 系统的概要设计

### 3.2.1 系统的框架设计

生活中，盖一栋大楼，其中的人员都是分工明确，各司其职，我们的软件也是一样。把一个大的系统逐步分成为小的模块，最后分给不同的人员来完成。我们可以按照不同的维度来划分。纵向可以把整个系统的设计为三层，template层、view层和model层，横向划分就是我们3.2.2节的模块划分。三层主要功能如下：

Model层：和数据库中的表字段建立联系，以及供前台数据的封装传输。

Template层：负责把从后台获取到的数据以怎样的方式展示给用户，例如表格，绘制曲线图等等。

View层：处理业务逻辑，主要有三个部分，第一做传来参数的校验，第二处理该功能的逻辑，第三调用数据库层获取数据。

三层之间的调用如图3.1。



图3.1 三层调用

### 3.2.2 系统模块的划分

为了更好的管理，开发，维护，本系统划分为以下几个模块，用户模块，推荐模块，日志模块，后台管理模块和定时任务模块。各个模块的功能如下：

用户模块：登录系统、没有账号则需注册、还有查找视频等功能。

推荐功能：根据用户的请求个推荐流程，查询离线计算的推荐数据，推荐符合用户的视频。

日志模块：收集用户的浏览记录，对视频的评分。

后台管理：实现对视频的管理，包括新视频的发布，修改视频的信息，还有用户管理以及算法优化，观看用户的相似值以及推荐列表，看推荐出的视频是否符合用户的喜好。

定时任务：此系统的推荐设计为离线推荐，不论机器的环境有多好，我们的数据都在不断的增加，如果实时计算，初始阶段可能不存在性能问题，久而久之后，当用户数量增加，视频数量增加，就会存在性能瓶颈，因此，开始设计阶段就设计为离线计算。把推荐数据提前计算好，定时更新变化的数据，提高系统的性能，给用户更好的体验。图3.2是系统的五大模块。



图3.2 系统模块

### 3.2.3 用户模块的设计

前台界面为用户提供的，因此多应该站在用户的角度考虑问题。为了提升用户的体验效果，我们的系统不只是提供推荐功能，还有对视频做分类，用户可以根据自己的爱好，挑选自己喜欢的视频类型进行观看。如果用户有明确想看的视频，通过搜索功能可以更精确的找到视频，最后对观看过的视频可以做出评价，系统会根据你的评价给你推荐最符合你的视频。当然为了让系统知道你是谁，你需要登录到系统。如果你是新用户，不要担心，我们还提供了注册功能，注册的时候还可以告诉系统你喜欢的视频类型。这样就更能推荐出合适的视频。用户功能如图3.3。



图3.3 用户功能

### 3.2.4 推荐模块的设计

推荐模块当然是本系统的非常重要的模块，本系统的设计为离线计算不是实时计算（原因见3.2.7节定时任务模块），因此在推荐模块不实现推荐算法，推荐算法由定时任务调用的存储过程来实现，此模块接受用户的推荐请求，对推荐算法计算的结果查询过滤，最终推荐给用户。我们的推荐系统主要使用的是基于用户的协同过滤算法做推荐功能，为了解决冷启动问题，我们结合多种推荐方式，所以在推荐模块就得做控制功能，何时该才用什么算法，或者多种算法相结合实现推荐。

### 3.2.5 日志模块的设计

推荐用户最喜欢的视频是系统的关键。那么怎么知道用户喜欢什么？这就得根据用户的浏览记录来判断用户喜欢什么。因此收集用户浏览记录就不可缺少。例如收集看过的视频，观看时间长度，类型，用户观看完后对视频的评分等信息，这就是日志模块该做的事情。

### 3.2.6 管理员的模块设计

如果视频的资源不更新，系统做的再好也不会有大量的用户。大量的用户中当然有非法的用户，因此对视频和用户的管理就是理所当然的事情。管理员模块主要分为视频管理和用户管理和算法优化。在视频管理中，主要做新视频的增加，修改视频的信息，顶置视频等功能。用户管理主要对不合法的用户做禁用等功能。算法优化分为相似度和推荐度，主要查看用户之间相似值以及推荐给用户某一视频的推荐值。以便我们更新优化算法。

### 3.2.7 定时任务的模块设计

系统的设计尽可能要有扩展性，一个系统刚开始用户数量可能不多，视频的数量也可能不多，系统上线正式面向用户之后，这两者都会慢慢的增加。那么如果我们的推荐算法是实时计算的话，可能时间会变长，这样推荐给用户的时间增加，用户在等待推荐结果，体检效果很不佳，因此，在设计的时候就应该考虑这一点。为了避免以上问题的发生。我们采用离线计算推荐结果。系统初始化的时候计算好已有的数据，当有数据变化的时候，更新相应的数据。我们采用定时任务来完成。定时的检验数据是否有变化，有变化则更新变化的数据。这样可以提升系统的性能。而我们的数据都是存储在数据库，大量的计算假设使用python的话，我们会在数据的查询和插入花费大量的时间，因此采用数据库的存储过程来计算，减少连接数据库的开销时间。

## 3.3 数据库的设计

上一节当中对系统更详细的设计，每个模块都有什么功能做了详细的阐述。这些功能的数据都要存储起来，要么存储在文件，要么存储在数据库。数据库的速度快，读写方式也比较简便，因此我们采用数据库。

### 3.3.1 表的详细设计

更好的能体现推荐功能，需要用户登录到系统。为了存储用户的信息，我们设计表3.1用户表。有id来标识唯一用户，以及注册的时候收集用户的爱好信息。密码和用户名为了登录到系统当中，状态来标识你是否为一个合法的用户。各个字段的数据类型以及名称等信息见表3.1。

表3.1 用户表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字段名 | | 数据类型 | | 长度 | | 允许空值 | | 备注 | |
| ID | | NUMBER | | - | | 否 | | 用户id | |
| user\_name | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 用户名称 | |
| Password | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 密码 | |
| Email | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 电子邮件 | |
| Hobby | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 爱好 | |
| State | | VARCHAR2 | | 1 | | 是 | | 状态 | |

视频是我们推荐的数据，每个视频都有一个id唯一标识，用户需要了解了视频的信息后才选择是否观看，因此视频应该有题目，年份，属于那种类型，以及视频的简介信息，为了观看还应该有播放的地址，为了顶置一个视频，我们用一个字段标识该视频是否为新视频。表3.2是视频表的具体设计。

表3.2 视频表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字段名 | | 数据类型 | | 长度 | | 允许空值 | | 备注 | |
| MOVIE\_ID | | NUMBER | | - | | 否 | | 电影id | |
| TITLE | | VARCHAR2 | | 255 | | 否 | | 标题 | |
| YEAR | | DATE | | - | | 是 | | 年份 | |
| GENRES | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 分类，以|分割 | |
| DESC | | CLOB | | - | | 是 | | 描述 | |
| LINK | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 链接 | |
| ISNEW | | NUMBER | | - | | 是 | | 是否为新视频 | |
| DIRECTOR | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 导演 | |
| LEADACTORS | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 演员，以，分割 | |
| PICTURE | | VARCHAR2 | | 255 | | 是 | | 图片 | |

训练合适的模型，给用户推荐数据，我们需要收集用户观看后对视频的评分信息。评分表见表3.3。本系统的所有用户都能对推荐的每个视频打分，因此应该有用户信息，视频信息和评分，当用户给一个视频评分以后，用户的推荐数据就有可能变化，因此我们设计一个字段，来标识是否需要更新，定时任务来检查该表，来更新推荐数据。

表3.3 评分表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字段名 | | 数据类型 | | 长度 | | 允许空值 | | 备注 | |
| USER\_ID | | NUMBER | | - | | 否 | | 用户id | |
| MOVIE\_ID | | NUMBER | | - | | 否 | | 视频id | |
| RATING | | NUMBER | | - | | 是 | | 评分 | |
| ISUPDATE | | VARCHAR2 | | 1 | | 是 | | 是否更新 | |
| TIMESTAMP | | VARCHAR2 | | 100 | | 是 | | 时间戳 | |

推荐算法的实现分为两步，首先遍历用户计算每个用户与其他用户对应的相似值，第二步计算推荐每个视频的推荐值。因此相似用户表设计为两个用户和两个用户的相似值，见表3.4。

表3.4 相似用户表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字段名 | | 数据类型 | | 长度 | | 允许空值 | | 备注 | |
| USER\_ID1 | | NUMBER | | - | | 否 | | 用户1 | |
| USER\_ID2 | | NUMBER | | - | | 否 | | 用户2 | |
| VALUE | | NUMBER | | - | | 否 | | 相似值 | |

根据相似用户计算推荐值，因此有用户信息，视频的信息，以及推荐值，用户我们用用户id表示，视频用视频id表示。具体的见表3.5。

表3.5 推荐列表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字段名 | | 数据类型 | | 长度 | | 允许空值 | | 备注 | |
| USER\_ID | | NUMBER | | - | | 否 | | 用户id | |
| MOVIE\_ID | | NUMBER | | - | | 否 | | 视频id | |
| RECOMMEND\_VALUE | | NUMBER | | - | | 否 | | 推荐值 | |

### 3.3.2 E-R图

E-R图是现实世界的概念模型，能更清楚的表示每个实体的属性以及各个表之间的关系。图3.4描述了本系统中主要的三张表（评分表，电影表和用户表）的E-R模型。



图3.4 E-R模型

## 3.4 本章小结

本章从软件系统的角度来讲解，主要包括系统的需求分析，概要设计，和数据库的设计。做好设计是开发软件的前提。

# 第四章 视频推荐系统的详细设计与实现

## 4.1 系统实现

在上一章中，对系统做了需求分析和设计，清楚了系统该有那些功能，系统的实现有了基本的方向。本章中，从实现方面来做详细叙述。个性化视频推荐系统采用Python程序语言开发，利用Django Web框架，前台页面主要用HTML显示内容 ，CSS来做美化，JavaScript实现动态的效果以及BootStrap等前端框架。数据库采用常用的关系型Oracle数据库。此章主要讲在本推荐系统开发过程的技术问题，编码问题和主要的流程。图4.1是各个功能之间通过共享数据库之间的联系:



图4.1 各个功能之间的联系

### 4.1.1 Model层的开发

在本层当中主要对数据库中表对象的增加、删除、修改和查询等操作，本层在整个系统中的作用如图4.2：



图4.2 Model层的作用

在这一层主要封装了对Database的访问细节，在原始的开发当中，我们如果想在计算机语言里面执行SQL语言，我们平常都进行如下的操作，1）建Database，创建表和添加字段；2）使用cx\_Oracle驱动文件（如果用oracle数据库）来连接数据库，并编写数据访问层代码（获取连接，编写sql语句，执行sql，关闭连接）；3）业务逻辑层去调用数据访问层执行数据库操作。而在本系统当中，我们运用DJANGO为我们提供的访问数据库的框架。类和表之间的对应关系如图4.3；在访问数据库时，只需要用对应的类，调用恰当的API就可以完成。减少代码的编写提高开发效率以及后期的维护。这也是我们选择DJANGO框架的主要原因。



图4.3 类到表的映射

那么，我们的表和类怎么关联起来呢？分为两种情况：第一：根据类创建表，第二根据表创建类。不管是哪一种，查看DJANGO提供的文档，只要执行相应的语句就可以让表跟类关联起来，然后操作相应的API。

### 4.1.2 View层的开发

用户请求过来的主要逻辑实现就在这层，位于其他的两层之间，对实体的增删改查操作。

业务逻辑层是三层中非常重要的一层。主要包含业务逻辑的流程，数据合法性的校验规则，与数据库连接的实体对象，展现给前台的对象模型。数据合法性校验：业务层有三分之一部分要做数据验证，例如调用业务接口时传过来的参数校验，以及从数据库层查找出来的数据校验等等。业务逻辑的流程：业务层的其他三分之二就是处理逻辑流程，实现这个功能应有那些算法，这是开发过程当中灵活度比较高的模块，我们需要大量的IF-ELSE或SWITCH-CASE，我们可以抽象出这里的逻辑作为一个私有子服务专门使用。与数据库连接的实体和显示到页面的数据有时间不能共用，因此出现数据库连接的实体和展现给前台的对象模型。

如图4.4是业务逻辑层在软件结构中的位置：

****

图4.4 业务逻辑层的位置

### 4.1.3 Template层的开发

传统上，我们前台和后台有紧密的联系，前台开发人员要关注后台，后台开发人员要关注前台，不能达到各司其职。如果能把前台和后台的耦合度减小，这样减少开发人员的对其他方面的关注度。所以出现了模板的开发。开发模板层时主要包括html+模板语法，我们把需要的数据用变量替换，再加一些逻辑判断即可。

例如：在用户模块，我们利用IF ELSE逻辑标签检查用户是否登录，如登录使用session中的用户替换模板，若没有，显示登录按钮让用户去登录。

## 4.2 功能实现

本小节讲解各个功能的具体的实现。在开发过程中，前台的请求以Ajax的方式请求，后台以Json的格式返回数据。Json的格式信息规范如表4.1：

表4.1 返回数据类型规范

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| code | | info | | data | |
| 四位数字代码 | | 注册成功 | | User | |
| {“code”：“0000”，“info”：“注册成功”，“data”：user} | | | | | |

### 4.2.1 用户模块的实现

#### 1．用户注册



图4.5 用户注册界面

想能够给用户带来更好的推荐体验，推荐符合用户的视频，需要让系统知道你是谁，如果是老用户，已经有账号，直接登录如果没有账号，就是新用户，新用户需要先注册才能登录，注册页面如图4.5，需要填写用户名、密码、电子邮件和选择你喜欢的视频类型。图4.6是新用户注册功能的处理流程。



图4.6 用户注册流程图

在系统的首页有登录->注册的按钮，点击进去之后填写相应的信息。填写完成提交之后前后台都会做相应的校验工作，然后判断用户名是否已注册，未注册则给用户生成ID（此ID使用Oracle的Sequence），把对应的其他信息插入到数据库，则注册成功，用户可以去登录页面登录。

#### 2．用户登录



图4.7 用户登录界面

用户登录的界面如图4.7，有密码和用户名两个输入框需要用户填写。用户登录的具体流程为：当用户提交登录信息后，前台用JS对用户填写的数据做校验，用户名和密码都不能为空，密码不能低于六位。在前台校验成功后，然后封装参数以ajax的方式请求到后台，这样可以减少服务器的压力。后台获取登录的信息后，也必须校验。在某些情况下，用户可以不通过前台页面直接请求到后台，因此后台的校验也是必须的。校验通过后再从数据库查找，判断该用户是否存在以及用户名密码是否正确。若存在并且正确，则把用户信息放入session当中，供前台页面显示。不然返回错误消息到前台页面，然后展示给用户。相似流程如图4.8。



图4.8 用户登录流程图

用户登录成功后的主页面如图4.9。左半小部分会列出推荐给当前登录用户的十条记录，展示缩略图和视频的部分信息以及推荐理由，中间为播放视频，下边用户可以对视频进行评分。右边显示当前视频的具体信息。

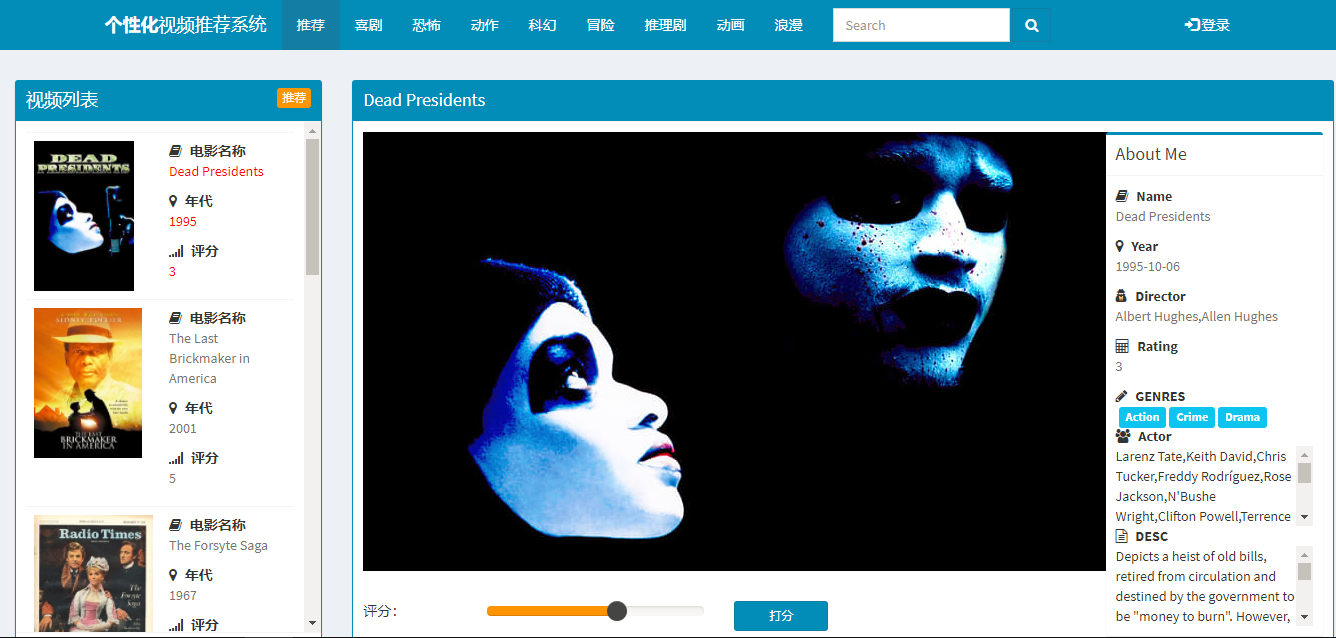


图4.9 用户主界面

用户有登录操作相对用的就有退出操作，用户退出主要是销毁session中用户的信息，界面显示把用户名称更换为登录的按钮。前台点击退出按钮后发送ajax请求到后台，后台返回成功后前台重新加载页面，此时SESSION中已经没有用户的信息，因此在界面中显示登录的按钮。

#### 3． 用户其他操作

界面菜单如图4.10。用户在界面可以进行查找，在搜索框输入关键词后，点击查找按钮之后，系统会根据输入的关键词按视频的名称进行模糊匹配。然后将查到的视频返回给用户。



图4.10 界面菜单

界面中还对视频进行分类，在导航栏中有推荐和视频的分类。用户点击某一个分类后台根据类型会为用户查找出相应的视频，为了解决个性化视频推荐系统中新视频的冷启动，如果查出来的视频中含新视频，我们会把新视频顶置，以便用户可以看到新视频。此处都是用户查找操作，因此我们把按分类和用户的搜索抽象成一段公用的逻辑，符合软件设计的规范。

### 4.2.2 推荐模块的实现

推荐模块是我们个性化视频推荐系统的重要模块。根据我们第三章的设计，推荐算法的实现交给我们的定时任务模块调用的存储过程来实现。因此推荐模块相对简单。先看我们的推荐模块处理流程，如图4.11：



图4.11 推荐流程

1 首先得到Session中存储的用户信息；

2 判断是否有用户登录；

3 有用户登录按照推荐算法推荐，当为新用户第一次登录的时候，推荐算法也不能推荐，此时推荐出来的数据为0条。这就是用户的冷启动问题，为了解决此问题我们判断是新用户的话，按照用户注册时的爱好信息，根据电影的类型给用户推荐，当用户观看一段时间后，再按照推荐算法推荐。没有用户登录，我们给用户推荐最新的视频，和其他用户对某个视频评分较高的来推荐。

### 4.2.3 日志模块的实现

日志模块主要记录用户看过视频的评分信息，此系统的推荐主要也依赖评分信息。如果用户是第一次给某电影评分，则插入一条记录，此种情况会发生在分类的视频或者查找的视频或者推荐的视频，推荐的视频都是用户未评分的。如果插入的记录已经存在，我们会更新原来的评分。此种情况发生在分类视频和查找的视频当中，因为其中可能有用户看过的视频。因此推荐的类型就掌握在用户的手中，你可以修改评分从而导致推荐结果。

### 4.2.4 管理模块的实现

管理模块主要对视频和用户管理，管理的界面如图4.12：

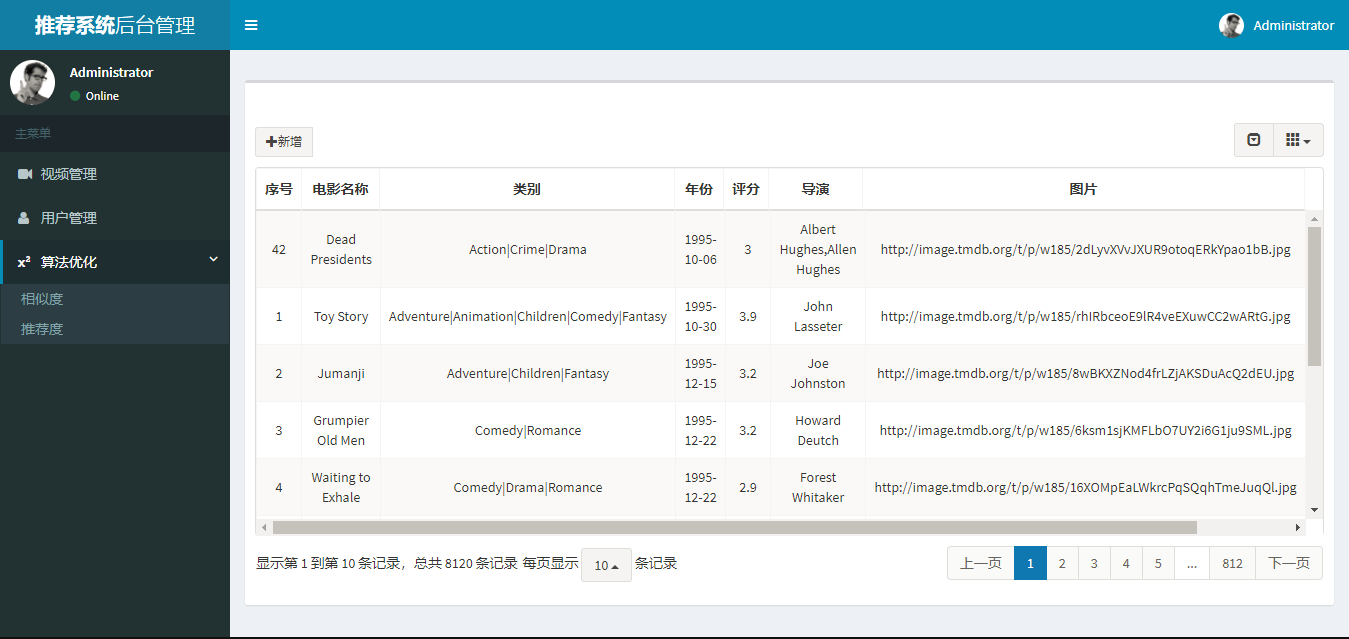


图4.12 视频管理后台界面

后台管理的页面分为左右两个部分，左边是菜单，右边是我们数据的展示。左边的菜单有视频管理，用户管理和算法优化。我们先看视频管理，在右边会列出所有的视频，我们会把新视频顶置，一行代表一个视频，在每行的最右边有一个操作的栏目，可以对此视频进行删除操作和修改操作。在最上面有一个添加的按钮，可以添加新的视频。

**视频删除：**点击删除的时候会给出如图4.13的确认框， 确实是否删除此视频，如果确认则向后台传视频的ID进行删除，取消则不删除。



图4.13 删除操作确认框

**视频修改：**点击修改的图标回显此视频的信息如图4.14。此时可以选择关闭或者更改信息后点击修改按钮。前台把页面的数据传给后台进行修改。后台获取参数，进行校验，校验合法然后修改。

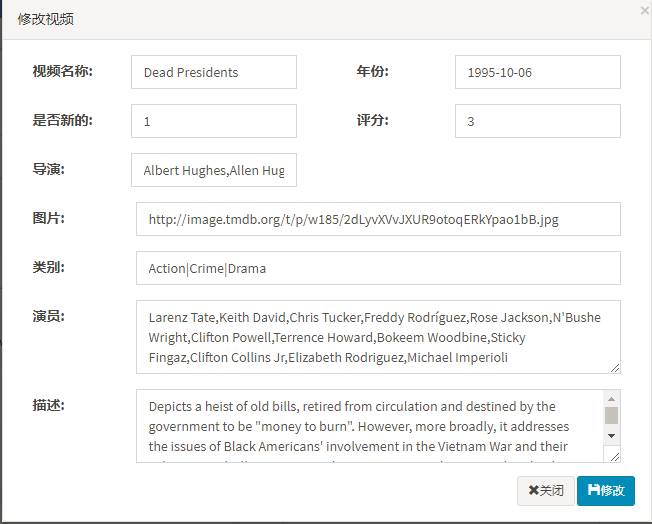


图4.14 修改视频界面

**视频增加：**点击添加按钮之后会有一个弹出框如图4.15来填写视频的信息。填写完成后点击保存即可增加新视频：后台也是获取参数与校验操作，与更新不同的是，这里先查找到视频库最大的视频的ID，然后给此ID+1作为新视频的ID。



图4.15 增加视频界面

图4.16是用户管理的界面。用户管理比较简单，主要对非法的用户进行禁用，在用户列表的最右边的操作中有禁用的按钮，点击此按钮就可禁用此用户，禁用后用户不可以登录到此系统。



图4.16 用户管理界面

算法优化主要用来展示用户之间的相似值和推荐给某个用户某个视频的推荐度。我们用Echart来展示这些数据，如图4.17。在最上面可以选择某个用户来查看具体的信息。右上边的小工具可以查看具体的数值如图4.18。

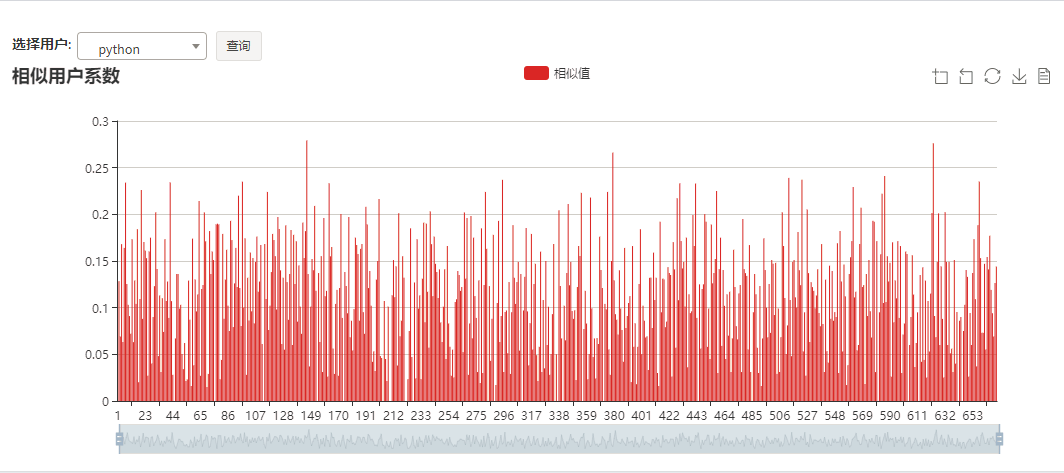


图4.17 算法优化界面

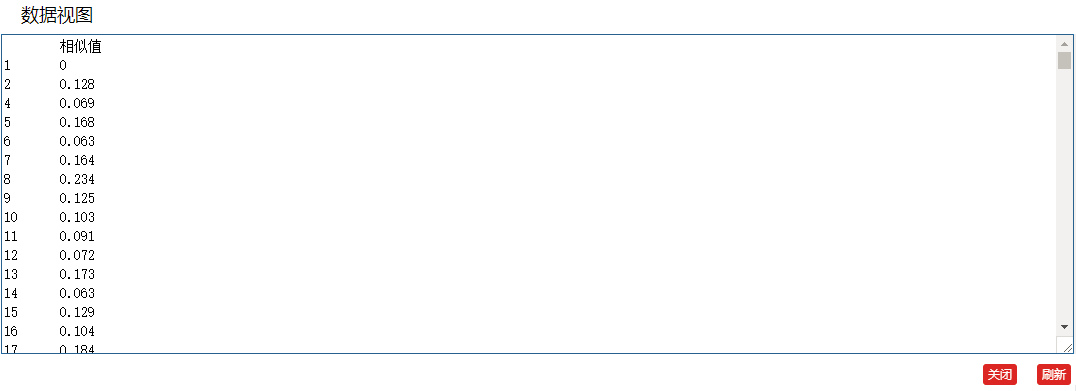


图4.18 数据视图

### 4.2.5 定时任务模块的实现

#### 1． 基于用户的协同过滤算法

UserCF我们分两步来实现。

（1）寻找和将要给推荐的用户喜好相近的所有用户。

（2）遍历这个用户集合，寻找该集合中用户喜爱的项目，并且将要给推荐的用户过去没有对该项目有过“喜爱”标签的项目推送给用户。

在第一步当中主要是算每个用户与其他用户的喜好值。假如有两个用户m和n，令U(m)为m用户过去喜爱的项目集合，令U(n)为n用户过去喜爱的项目的集合。通过余弦相似度公式4.1计算：

下面以用户喜欢的行为记录为例,如图4.19，举例明UserCF计算用户兴趣相似度的例子：



图4.19 用户物品图

利用余弦相似度公式计算用户F和用户G的兴趣相似度为

同理，我们可以计算出用户F和用户H、J的相似度：

根据公式4.1我们可以获取两个用户间的喜好相似值，基于用户的协同过滤算法会给用户推荐和他喜好非常相近的T个用户喜爱的项目，用公式4.5度量基于用户协同过滤算法中用户m对物品r的喜好度：

在公式4.5中，表示和用户喜好非常相似的T个用户，集合是对项目有过浏览的用户集合，是用户和用户的喜好相似值。

#### 2． 算法实现

在实现推荐算法的过程中考虑到每次都要从数据库获取到数据，再计算，最后存储到数据库，这样访问数据库有大量的系统资源和时间的消耗，为了解决此问题，我们不运用Python语言来做推荐系统算法的开发，而是采用Oracle的存储过程。这样大大的提升了计算速度。

相似矩阵的计算(计算流程如图4.20)：

首先删除数据库中要计算的用户原来的相似矩阵，其次遍历所有用户计算每个用户与其他用户的相似值：



图4.20 相似用户计算流程图

#### 3． 定时任务实现

基于Python语言的定时调度框架有APScheduler和Celery。我们推荐系统定时任务的实现采用APScheduler框架，它提供了多种不同的调度器和存储器，Quartz里的提供的每个功能在APScheduler里都有。对开发人员提供了便捷的操作。

我们的定时任务不断的判断是否要更新推荐列表，当用户对某个视频的评分改变之后，这条记录在数据库表示为需要更新，定时任务查询到后调用存储过程来更新该用户的推荐列表。最后更新该条记录为不再需要更新的状态。

定时任务还需要实现另一个功能，当新视频上架之后，什么情况下不是新视频。这个功能我们也用定时任务来完成，例如规定当超过50个用户观看之后取消新视频的标志。

## 4.3 本章小结

本章从系统的实现方面进行了讲解，对复杂的逻辑给出了流程图，每个实现还有文字描述，至此，我们的系统开发阶段完成。

# 第五章 个性化视频推荐系统测试

到目前为止，我们从需求分析，设计，实现方面已经做了讲解，个性化视频推荐系统已经初步完成。但是为了此系统的正常使用，需要对系统进行测试，这也是软件开发过程中必不可少的一个环节。针对系统的特点和实际情况，本系统采用手工的方式对系统测试和验收，测试的内容主要为单元测试和兼容性测试。

## 5.1 单元测试

为了保证划分的各个模块能够协同工作，给用户提供准确适合用户用户的推荐服务，首先对各个模块进行单元测试。设计到界面中每一个可以操作的元素。这些被测试的方法包含用户前台操作的模块，系统推荐的模块和定时任务更新推荐数据的模块。

### 5.1.1 用户界面测试

用户界面测试的基本流程为：对系统页面中的按钮，链接，输入框和搜索框进行点击测试，看能否点击输入等操作。具体的方案如表5.1：

表5.1 用户界面测试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 位置 | 测试用例 | 预期结果 |
| 1 | 主页 | 点击登录按钮 | 弹出登录框 |
| 2 | 登录框 | 点击注册按钮 | 弹出注册框 |
| 3 | 登录框 | 点击登录提交按钮 | 登录框消失，显示主页 |
| 4 | 注册框 | 点击注册提交按钮 | 注册框消失，显示登录框 |
| 5 | 主页视频列表 | 点击视频名称 | 右边显示视频详细信息 |
| 6 | 主页导航栏 | 点击搜索按钮 | 主页视频列表显示搜索的视频 |

### 5.1.2 系统基本功能测试

老用户可以直接登录，当然新用户先注册在登录，登录成功后显示用户基本信息，用户在观看视频之后可以对视频做出评价打分，推荐引擎根据你的评价给你推荐相应的视频。系统还拥有检索功能，用户能用关键词进行搜索，方便用户查找。

表5.2 系统基本功能测试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 位置 | 测试用例 | 预期结果 |
| 1 | 登录框 | 输入正确的用户名和密码 | 登录框消失，主页显示用户的基本信息 |
| 2 | 登录框 | 输入不正确的用户名或密码 | 弹出提示信息，用户重新填写信息再登录 |
| 3 | 注册框 | 填写注册信息并提交 | 校验成功后弹出登录框登录 |
| 4 | 主页视频详情 | 点击评分按钮 | 评分成功给出提示 |
| 5 | 主页视频详情 | 点击播放按钮 | 播放视频 |
| 6 | 主页视频列表 | 点击更多按钮 | 展示当前分类的下一页视频 |
| 7 | 主页视频列表 | 点击推荐按钮 | 推荐引擎推荐更多视频 |

### 5.1.3 系统推荐功能测试

推荐功能测试主要测试推荐引擎是否按照之前设计的推荐逻辑来推荐：

表5.3 系统推荐功能测试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 位置 | 测试用例 | 预期结果 |
| 1 | 主页->导航->推荐 | 用户没有登录 | 推荐新视频和评分较高的视频 |
| 2 | 主页->导航->推荐 | 用户登录没有观看记录 | 按照用户注册时的爱好推荐 |
| 3 | 主页->导航->推荐 | 用户登录有观看记录 | 按照推荐算法推荐 |

### 5.1.4 管理功能测试

管理功能测试主要对视频的增删改功能进行测试。

表5.4 管理功能测试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 位置 | 测试用例 | 预期结果 |
| 1 | 管理页面->视频管理 | 点击删除按钮 | 弹出确认框确认是否删除 |
| 2 | 管理页面->视频管理 | 点击修改按钮 | 弹出对话框回显该视频的详细信息 |
| 3 | 管理页面->视频管理 | 点击增加按钮 | 弹出对话框，等待用户填写视频信息 |
| 4 | 管理页面->用户管理 | 点击禁用按钮 | 禁用当前用户 |
| 5 | 管理页面->算法优化 | 点击推荐度 | 显示用户推荐图表 |
| 6 | 管理页面->算法优化 | 点击相似度 | 显示用户相似图表 |

## 5.2 兼容性测试

Bs系统的架构是浏览器/服务器结构，对用户来说就只要一个浏览器就可以使用该系统，经测试在常用的Google，火狐等浏览器中可以正常显示运行，因此，兼容性测试通过。

## 5.3 本章小结

本章对个性化视频推荐系统开发的每个功能进行了检验和测试，所有的功能都符合期望的效果。考虑到用户所用的浏览器可能不同，因此对兼容性进行了测试。到此，本系统开发完成。

# 总结与展望

个性化视频推荐系统已经按最初的设计开发完成。系统允许用户注册为新用户，根据类别查看自己感兴趣的视频，然后对视频做出评分，本系统也给用户推荐恰当的视频，当然用户可以在搜索框中搜索具体的视频来观看。在推荐的时候采用基于用户的协同过滤算法给用户推荐。为了克服冷启动问题，我们注册的时候收集用户的爱好，客户用户冷启动问题，在视频分类当中，顶置最新的视频，来克服新视频的冷启动问题。后台提供方便的界面操作，对视频进行管理。

由于个人能力和时间有限，有些功能点不够完善[1]，还需要进一步的设计完善。在界面当中，因为收集的数据的限制，没有视频的缩略图，只展现了视频的名称，不能给用户一个更好的体验。在推荐算法方面，只采用了单一的基于用户的协同过滤算法，收集的用户的日志也只有评分信息，因此在推荐算法方面还有很多需要改进的。

# 参考文献

1. 颜良炤. 基于Mahout视频推荐系统的研究与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2016.
2. 徐璐. 基于Web挖掘的视频推荐系统分析与实现[D]. 南京: 南京邮电大学, 2016.
3. 谢发川. 基于数据挖掘的视频推荐系统建模研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
4. 李姗姗. 基于协同过滤的视频推荐系统设计[D]. 南京: 南京邮电大学, 2017.
5. 刘晓伟. 基于协同过滤视频推荐系统的设计与实现[D]. 黑龙江: 黑龙江大学, 2015.
6. 曹丹丹,乐嘉锦,夏小玲. Redis数据库在视频推荐服务系统中的应用[J]. 计算机与现代化, 2013, 卷缺失(10): 94-97.
7. 卜旭松. 基于物品协同过滤的个性化视频推荐算法改进研究[D]. 宁夏: 宁夏大学, 2015.
8. 李冰. 基于Hadoop的个性化视频推荐系统的设计与实现[D]. 北京: 北京工业大学, 2015.
9. 贺栋博. 视频推荐系统数据分析决策平台[D]. 广东: 华南理工大学, 2012.
10. 高睿. 基于深度神经网络的视频个性化推荐系统研究[D]. 深圳: 深圳大学, 2017.
11. 赵楠. 基于Mahout的推荐系统实践及算法改进[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2015.
12. 夏林. 基于Hadoop的视频推荐系统的研究与应用[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
13. 钟前建. 基于Hadoop和Mahout的视频推荐技术研究及应用[D]. 广东: 广东技术师范学院, 2016.
14. 蹇易. 基于混合方法的个性化视频推荐技术研究与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.
15. 丁阳. 基于web用户体验的推荐系统设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
16. 唐明. 基于用户偏好的视频推荐技术研究[D]. [出版地不详]: 电子科技大学, 2013.
17. 李默,梁永全,赵建立,等. 面向网络视频的组合推荐系统模型研究[J]. 计算机工程与设计, 2013, 卷缺失(12): 4379-4383.
18. 张永霞. 面向用户个性化推荐的日志分析系统设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.

[2]G. Linden, B. Smith, and J. York, “Amazon.com Recommendations: Item-to-Item Collaborative Filtering,” IEEE Internet Computing, vol. 7, no. 1, 2003, pp. 76–80.

4]J. Davidson et al., “The YouTube Video Recommendation System,” Proc. 4th ACM Conf. Recommender Systems, 2010, pp. 293–296.   
[6]C.A. Gomez-Uribe and N. Hunt, “The Netflix Recommender System: Algorithms, #Business |Value, and Innovation,” ACM Trans. Management Information Systems, vol. 6, no. 4, 2016, pp. 1–19.

# 致 谢

四年的时间很快，我们马上毕业了，就连最后的毕业论文也写到结尾了。在这里，我向在这四年里帮助过我，激励过我的老师，同学们表达我最诚挚的感谢。

在推荐系统方面，以前了解的几乎为零，但是希望自己可以多学习，多了解，因此选择了个性化视频推荐系统，首先非常感谢我的导师肖迎元教授愿意把此课题给我。从论文的开题到最终的定稿，肖老师一直在给我们精心的指导。选题之后就开始教我们怎么查阅资料，阅读文献，为开题报告提前做好准备。在中期设计开发过程中，给我们提供思路，算法的讲解。以及后期的论文的书写，指导我们写作的规范，论文的书写结构等等。还有研究生的学长，给我们指导怎么获取数据。非常感谢在这段时间老师和学长的帮助，让我顺利完成毕业论文。

祝大家身体健康，工作顺利。