

高校电子文献资源智能推荐系统的架构设计与核心策略研究

胡国强

(西北农林科技大学网络与教育技术中心, 陕西 咸阳 712100)

摘要: 为了方便师生在海量电子文献中快速定位所需文献资源, 提高电子文献资源使用效率, 实现文献推荐服务个性化、精准化, 设计了高校电子文献资源智能推荐系统。首先, 利用文献法分析了高校电子文献智能推荐系统实现存在的问题; 然后, 基于这些问题设计了一种包含数据采集层、数据挖掘层、推荐大脑层、应用服务层、信息标准化体系及安全与运行维护体系的高校电子文献资源智能推荐系统; 最后, 介绍了该系统的核心策略与算法。在我校实践应用表明, 该系统能为用户推荐感兴趣的电子文献资源, 能为其他高校个性化电子文献智能推荐系统的落地提供参考。

关键词: 智慧校园; 电子文献; 智能推荐; 系统架构; 推荐策略

中图分类号: TP391.3; G258.6; G250.7

文献标志码: A

DOI: 10.11959/j.issn.1000-436x.2024240

Research on architecture design and core strategy of intelligent recommendation system for electronic literature resources in colleges and universities

HU Guoqiang

Network and Education Technology Center, Northwest A&F University, Xianyang 712100, China

Abstract: In order to facilitate teachers and students to quickly locate the required literature resources in the massive electronic literature, improve the efficiency of electronic literature resource utilization, and achieve personalized and accurate literature recommendation services, a university electronic literature resource intelligent recommendation system was designed. Firstly the problems existing in the implementation of the intelligent recommendation system for university electronic literature were analyzed using the literature method. On these problems, a university electronic literature resource intelligent recommendation system was designed, which includes a data collection layer, a data mining layer, a recommendation brain layer, an application service layer, an information standardization system, and a security and operation maintenance system. Finally, the core strategies and algorithms of the system were introduced. Practical application in our university has shown that the system can recommend electronic literature resources of interest to users and provide reference for the implementation of personalized electronic literature intelligent recommendation systems in other universities.

Keywords: smart campus, electronic literature, intelligent recommendation, system architecture, recommended strategy

0 引言

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-

2020年)》要求加快教育信息基础设施建设, 自此智慧校园建设迎来发展黄金期。智慧图书馆作为智慧校园的有机组成部分和重要的建设内容之一也

收稿日期: 2024-08-21

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划基金资助项目(No.2023-JC-YB-489)

Foundation Item: Shaanxi Province Natural Science Basic Research Program (No.2023-JC-YB-489)

备受关注。我校图书馆经过多年建设,拥有国内外电子资源库 113 个(其中,外文数据库 69 个,中文数据库 44 个。主要包括 Elsevier Science 电子期刊、Science Online 电子期刊、Nature 电子期刊、Spring-Link 电子期刊、中国知网等数据库);国内外电子图书 203.19 万余册,中外文全文电子期刊 2.2 万余种,电子版学位论文 994.5 万余册。庞大的电子文献资源给师生学习和科研提供便利的同时也带来了一些问题:从用户角度出发,面对数量庞大、种类繁多、分散异构、动态多样的文献资源,如何快速精准定位所需要的文献资源;从管理者角度出发,如何为师生提供精准的文献服务,提高图书馆服务水平,提升电子文献资源的利用率。

智慧图书馆的核心是智慧服务,即在云计算、物联网、扩展现实(XR)、元宇宙、大数据、人工智能等新一代信息技术的支持下,面向用户提供智能知识服务,满足用户的个性化、智能化、多元化信息需求。如何为用户提供具有高知识附加值的智慧服务,是智慧校园和智慧图书馆建设需要思考的问题。

在此背景下,本文首先利用文献研究法深入分析推荐算法和电子文献资源智能推荐系统的研究现状,然后总结了电子文献资源智能推荐系统实现存在的问题,最后在此基础上构建了包含数据采集层、数据挖掘层、推荐大脑层、应用服务层、信息标准化体系及安全与运行维护体系的高校电子文献资源智能推荐系统,并对该系统的核心策略与算法进行了研究,期望通过实际部署解决高校电子文献资源领域面临的信息过载、长尾效应等问题^[1-2],提升图书馆智慧服务水平,为构建智慧图书馆添砖加瓦。

1 研究综述

推荐算法是推荐系统的核心组成部分,可分为基于关联规则、内容过滤、协同过滤、聚类、混合的推荐算法^[3]。其中,基于关联规则的推荐算法可分为基于规则处理的变量类别推荐算法^[4]、抽象层次推荐算法^[5]、数据维度推荐算法^[6]。基于规则处理的变量类别推荐算法应用于非结构化数据推荐算法中,优点是缓解新用户冷启动问题,缺点是需要依赖大量的用户数据且不能挖掘用户间或项目间的深层关联关系。基于规则处理的抽象层次推荐算法

多用于需要发掘项目与项目之间的深层关系的推荐系统中,优点是缓解推荐过程中数据的稀疏性,发现物品之间的深层隐含关系,缺点是单层规则提取准确度不高,算法运行时间长,无法准确推荐。基于规则处理的数据维度推荐算法多用于电商推荐中,优点是更容易发现目标用户与物品更多属性之间的关联,缺点是单维关联规则难以满足新内容。

基于内容过滤的推荐算法应用场景非常广泛,包括但不限于电子商务、新闻推荐、视频流媒体服务、社交媒体等。优点是不需要用户历史数据、推荐结果具有解释性、推荐结果个性化,缺点是缺乏用户的交互行为、缺乏新颖性且物品属性难以获取^[7]。

基于协同过滤推荐算法主要分为基于模型、基于内存两类^[8]。基于模型的协同过滤推荐算法使用机器学习的算法来预测用户对于未交互物品的得分(预测用户偏好)。基于内存的协同过滤推荐算法主要包括基于用户和基于物品两种,优点是能够面向用户推荐丰富的长尾物品,激发用户潜在的兴趣,缺点是可解释性差,存在用户和物品冷启动问题。

基于聚类的推荐算法可分为基于划分^[9]、层次^[10]、密度^[11]、模型^[12]的聚类推荐算法。基于划分的推荐算法的优点在于能够有效地处理大规模数据,并且对于处理具有不同属性的数据集具有较好的适应性,缺点在于可能无法很好地处理具有复杂关系的推荐问题,并且在处理具有不同属性类型的数据时,可能需要额外的参数调整和优化。基于分层的推荐算法的优点包括不需要预先指定聚类数目、可视化结果直观、适用于小数据集,以及对距离度量的选择不敏感。然而,它也存在一些缺点,如处理大型数据集时的计算复杂度高,对异常值敏感,以及难以处理大型数据集。

混合推荐算法通过结合多种推荐技术的优点,提高了推荐的准确性和个性化程度。然而,其实现复杂、数据需求大以及结果解释性差的缺点也需要在实际应用中加以考虑和解决^[13]。

推荐系统的研究和应用如火如荼,然而通过文献法研究发现,大部分研究还集中在图书推荐,如基于畅销书及意见领袖的^[14]、意见挖掘结合图分类器的^[15]、基于聚类分析算法的图书推荐系统^[16],而对高校电子文献资源的推荐较少涉及。刘韵毅等^[17]基于模糊联想记忆神经网络偏好评价模型为

用户推荐评级高的文献。陈华等^[18]通过使用 FP-tree 关联规则挖掘算法对用户文献阅读信息进行分析,发现用户的阅读习惯和阅读兴趣,进而为用户进行个性化的文献推荐。刁羽等^[19]利用 TF-IDF (term frequency-inverse document frequency) 算法计算该专业高影响期刊文献和相同专业背景用户下载、浏览文献的摘要语料库各词条的 TF-IDF 值的余弦相似度,并将相似度高的文献推送给用户。这些研究在一定程度上实现了文献资源的个性化推荐,但仍存在冷启动问题,缺乏对师生兴趣变化时有效及时的反馈手段,且在系统设计时未深入考虑融入高校电子文献资源特征、师生用户特征。

2 高校电子文献资源智能推荐系统实现存在的问题

针对高校师生开展图书馆已有数据库、电子期刊、电子图书、电子报纸、专利文献、会议文献、学位论文等电子文献资源的个性化推荐,是推荐技术在智慧校园的典型应用。尽管推荐技术在电子商务、媒体娱乐、社交媒体、金融等多个行业的应用非常成熟和完善,但在高校场景下为师生提供电子文献资源个性化服务仍然面临数据分散、用户规模小和冷启动问题。

2.1 数据分散

在电子商务、媒体娱乐、社交媒体、金融等多个行业中,个性化推荐服务通常是依托其已成熟的业务平台实现,这些平台自然集成了服务环节所需的用户特征数据、用户属性数据及物品数据。而高校电子文献资源从不同版权商采购,因此分布在很多不同的系统中和数据库中,用户数据同样分布在不同的系统中,如何有效地整合这些分散于不同业务系统中的数据,实现电子文献资源、用户属性、用户行为等数据的全面聚合与统一管理是系统首先需要解决的难题。

2.2 用户规模小和冷启动

高校电子文献资源智能推荐系统的使用对象是校内师生。校内师生规模有限,相比电子商务行业动辄上亿的用户量来说,其规模较小,依靠庞大用户进行训练的推荐算法推荐效果不佳,无法在高校推荐场景下单独使用。此外,学校每年都有近万名新生和近百名新入职的教师入校,在缺乏充足用户历史数据或用户行为数据的新场景下,如何快速启

动并有效提供个性化的文献推荐服务,成为系统设计和优化过程中必须克服的重要难题。

3 高校电子文献资源智能推荐系统架构设计

为解决电子文献推荐系统存在的问题,提升图书馆电子文献资源服务水平,本文在对电子文献资源智能推荐系统的定位、特征和设计思路深入分析的基础上,秉承模块化设计理念,设计出由数据采集层、数据挖掘层、推荐大脑层、应用服务层、信息标准化体系和安全与运行维护体系组成的高校电子文献资源智能推荐系统,具体架构如图1所示。

3.1 数据采集层

数据采集层的主要功能是采集电子文献特征数据、用户的基础数据、行为数据。通过爬虫技术爬取网络数据库开放的文献元数据,通过开放接口采集校内数据中台的用户基础数据或采用定时推送的方式将用户基础数据同步到推荐系统,为推荐算法的正常运行和冷启动策略的执行提供数据支撑,在缓解推荐系统冷启动问题的同时提升推荐准确度^[20]。行为数据是师生用户使用电子文献推荐系统过程中的检索记录、浏览记录、下载记录、收藏等数据,通过消息中间件收集。

3.2 数据挖掘层

数据挖掘层的主要功能是利用数据处理方法或挖掘算法将数据采集层采集的各种类型的数据转换为算法模型可利用的数据格式、文献标签、用户标签。采集的数据存储到数据仓库后,不能直接用于推荐算法模型,还需要经过特征服务将这些数据转换为能直接用于电子文献推荐的数据。此外,采集的用户基础数据和行为数据可经过特征服务对用户进行打标签,生成属性标签、用户兴趣标签、用户行为标签;也可以对文献打标签,生成文献主题、文献关键词、文献分类号等标签。这些标签具有更强的可读性和可解释性,可构建直观的用户画像与文献画像,有助于推荐算法的优化。

3.3 推荐大脑层

推荐大脑层在数据挖掘层提供的可直接用于计算的数据格式和文献及用户标签的基础上,指挥整个推荐按照召回、排序、后处理的流程运行。其主要功能是承载推荐系统的核心业务流程,保障电子文献资源推荐核心流程正常运行,并依靠推荐预处

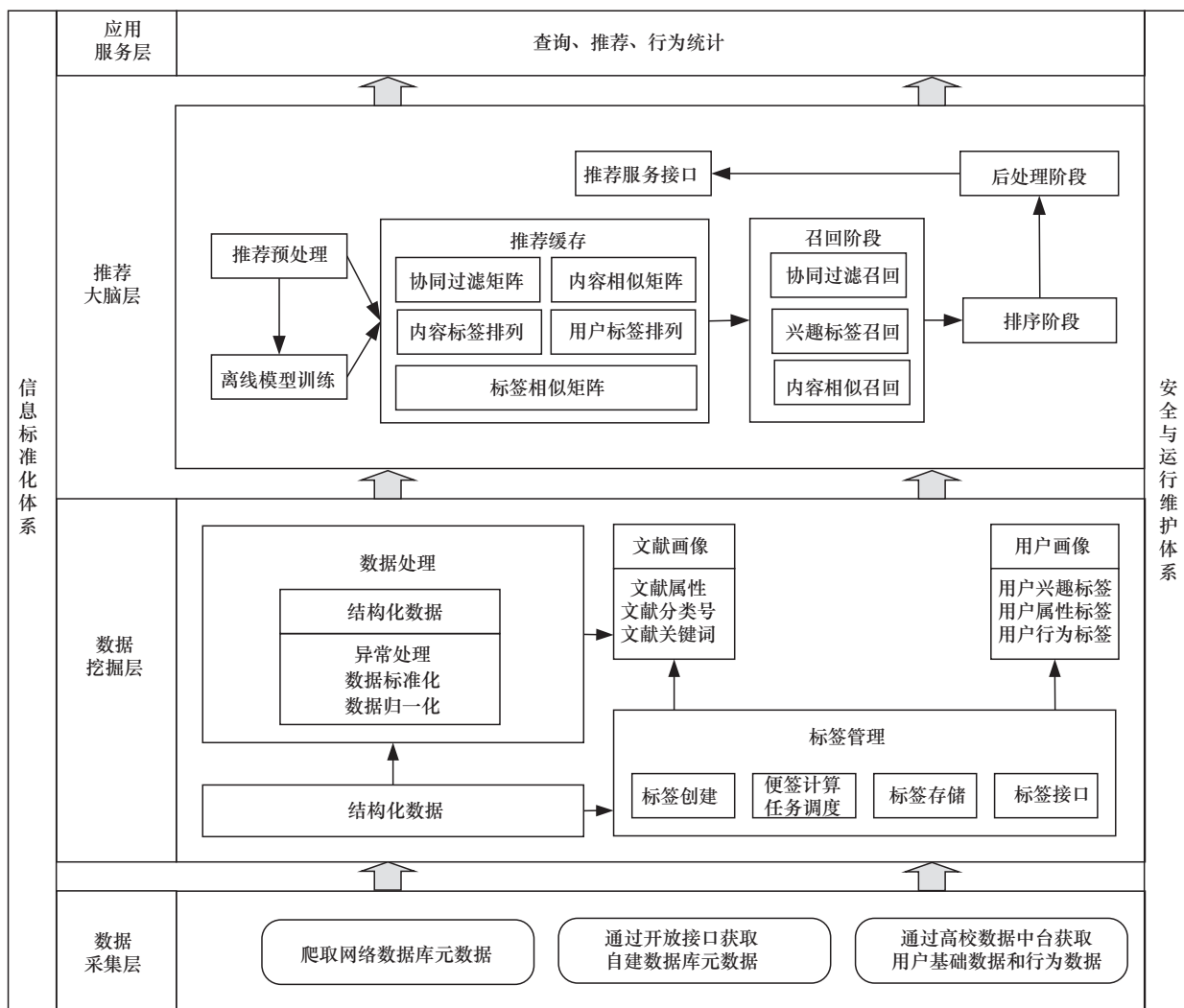


图 1 高校电子文献资源智能推荐系统架构

理、离线模型训练、推荐缓存等功能模块^[21], 为各个阶段算法和策略的顺利执行提供支撑。电子文献资源推荐召回阶段, 推荐大脑层按照预设的推荐策略快速从电子文献资源库中甄选出师生可能需要或感兴趣的电子文献资源。出于规避单个推荐算法缺陷和提升召回的丰富度和多样性方面的考虑, 本文选用混合推荐策略。电子文献资源推荐排序阶段, 从召回的电子文献资源集合中尽量准确地挑选出师生较感兴趣的 TopN 篇文献资源。电子文献资源推荐后处理阶段, 通过设定好的调控逻辑对排序后的列表进一步增补微调。推荐列表产生后由推荐服务接口发送至应用服务层。

3.4 应用服务层

应用服务层主要功能是为师生展示电子文献资源推荐列表以及各项扩展交互功能, 为师生提供推

荐服务, 方便师生查找感兴趣的文献资源。此外, 可统计师生用户访问电子文献资源智能推荐系统的行为数据, 作为模型迭代优化原始数据。

3.5 信息标准化体系和安全与运行维护体系

信息标准化体系由基础设施标准化体系、信息传输标准化体系、应用标准化体系等组成, 安全与运行维护体系包括电子文献推荐系统信息网络安全、推荐系统安全规范、推荐系统运行与维护体系, 信息标准化体系和安全与运行维护体系为高校电子文献资源智能推荐系统建设、运营、管控提供保障^[22]。

4 高校电子文献资源智能推荐系统的核心策略

召回阶段在推荐系统中扮演着不可或缺的角色, 它直接影响到最终推荐结果的质量和用户满意

度。本文结合高校用户及文献规模、用户基础数据、文献数据等特征,设计了多路并行召回策略。另外为提升推荐的准确性,本文从算法和数据层面设计了冷启动策略。

4.1 多路并行召回策略

为结合不同推荐算法的优点、降低不足,同时提升召回的多样性、丰富度和鲁棒性,本文采用协同过滤、兴趣标签、内容相似推荐等混合推荐的召回策略。这3种召回策略多路并行,若召回列表的长度满足要求,直接进入排序阶段,最终实现电子文献资源个性化推荐。

1) 协同过滤召回

假定师生用户的兴趣特征向量 $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, 首先利用离差标准化 (min-max) 方法对特征做归一化处理, 然后利用余弦相似公式计算师生用户之间的相似度。

$$\text{sim}(u, v) = \cos(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^n u_i v_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (u_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_i)^2}} \quad (1)$$

用户兴趣度的计算包括2个层面的兴趣度, 一是基于阅读时长 t (单位为s) 划分的兴趣度, 二是基于下载次数 p 划分的兴趣度。

$$\text{pref}_1(u, k) = \begin{cases} 1 (0 \leq t < 3) \\ 2 (3 \leq t < 5) \\ 3 (5 \leq t < 10) \\ 4 (10 \leq t < 60) \\ 5 (60 \leq t) \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{pref}_2(u, k) = \begin{cases} 3 (p = 0) \\ 4 (p = 1) \\ 5 (2 \leq p < 5) \\ 6 (5 \leq p < 8) \\ 7 (8 \leq p < 10) \\ 8 (10 \leq p) \end{cases} \quad (3)$$

u 对文献 k 的综合兴趣度为

$$\text{pref}(u, k) = \frac{\text{pref}_1(u, k) + \text{pref}_2(u, k)}{2} \quad (4)$$

使用协同过滤算法计算用户 v 对文献 k 的兴趣度 $\text{pref}(v, k)$ 如下

$$\text{pref}(v, k) = \frac{\sum_{i=1}^n \text{pref}(u, k) \text{sim}(u, v)}{\sum_{i=1}^n \text{sim}(u, v)} \quad (5)$$

2) 兴趣标签召回

通过用户兴趣标签 $\text{userID}(\text{tag}_1, \text{tag}_2, \text{tag}_3, \dots, \text{tag}_n)$ 匹配电子文献资源的关键词标签 $\text{Keyword}(\text{literature}_1, \text{literature}_2, \text{literature}_3, \dots, \text{literature}_n)$, 匹配成功后将命中标签的文献进行召回^[21]。其召回流程如下。

步骤1 记录师生检索词作为初始兴趣标签。

步骤2 以师生ID为主键生成用户兴趣标签队列 $\text{userID}(\text{tag}_1, \text{tag}_2, \text{tag}_3, \dots, \text{tag}_n)$ 。

步骤3 生成文献 ($\text{literature}_1, \text{literature}_2, \text{literature}_3, \dots, \text{literature}_n$) 的关键词标签列表, 将文献题目、摘要、关键词等经过文本分词后利用 TF-IDF 获取权重较高的若干个关键词作为内容标签。

步骤4 以关键词为主键生成关键词和包含该关键词文献列表 $\text{Keywords}(\text{literature}_1, \text{literature}_2, \text{literature}_3, \dots, \text{literature}_n)$ 。

步骤5 根据当前用户ID通过用户兴趣标签队列查找其兴趣标签列表 ($\text{tag}_1, \text{tag}_2, \text{tag}_3, \dots, \text{tag}_n$), 再根据列表中的标签通过关键词文献列表查找包含该关键词标签的文献列表进行召回。

步骤6 记录用户访问的文献所包含的关键词 ($\text{Keyword}_1, \text{Keyword}_2, \text{Keyword}_3, \dots, \text{Keyword}_n$), 将其作为新的兴趣标签保存到用户兴趣标签队列中, 然后跳转到步骤5, 进入下一轮兴趣标签召回。

3) 内容相似召回

先利用 TF-IDF 算法对用户兴趣信息与文献信息进行特征提取, 然后利用 Word2vec 对文献库进行词向量训练, 为计算特征词向量的余弦值做准备, 最后利用余弦相似度公式计算用户偏好向量与文献特征向量的相似度, 即

$$\cos(O_u, d_k) = \frac{\sum_{i=1}^n w_{i,u} v_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (w_{i,u})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{i,j})^2}} \quad (6)$$

其中, O_u 为第 u 个用户; d_k 为第 k 篇文献, 将用户向量与文献向量映射在一个向量空间; n 为合并得到的特征总维数; $w_{i,u}$ 为该用户偏好模型中词的兴趣权重; $v_{i,j}$ 为该词在文献中的特征权重。

4.2 冷启动策略

冷启动问题是推荐系统落地过程中的重要挑战之一, 其包括用户冷启动问题和物品冷启动问题。用户冷启动问题是指如何为尚未查阅过电子文献的

师生推荐所需的电子文献。物品冷启动问题是指如何将新的电子文献资源推荐给师生,从而提升电子文献资源利用率。本文综合运用多种策略与方法从算法和数据层面设计冷启动策略,从多个维度提升新用户和新物品的推荐效果,从而提升推荐系统的效果和用户体验。

1) 算法层面

对于用户冷启动问题,本文在协同过滤推荐算法的基础上增加了对用户特征数据和用户行为数据依赖较少的内容推荐算法。对于物品冷启动问题,采用兴趣标签推荐算法。协同过滤推荐算法、内容推荐算法、兴趣标签推荐算法共同应用,提升冷启动阶段召回率和推荐准确率。

2) 数据层面

西北农林科技大学以提升学校数据整合、治理和共享能力为主要目标,构建了一个高效、智能、安全的大数据中心数据中台。该平台除了传统的学工处、招生办、教务处、研究生院、一卡通、财务处、保卫处等 19 个部门的核心数据以外,还增加了 31 个应用系统的业务数据和日志数据。这些数据为建立精准的师生用户画像提供了支撑。本文利用师生用户画像进行兴趣标签预设,有助于提升基于兴趣标签召回算法效果,具体做法如下。

① 针对师生的结构化数据,本文根据学生的专业预设标签,根据教师的研究方向预设标签。

② 运用 NLP (neuro-linguistic programming)

算法提取数据中台存储的师生的发表论文、科研项目、研究方向、课程信息、学科竞赛等文本数据的关键词,将关键词预设为兴趣标签。

③ 本文利用导学关系、团队合作关系、合著关系等进行兴趣标签传递,以解决标签量过少的问题。

5 高校电子文献资源智能推荐系统的实践应用

5.1 系统应用

按照设计的系统架构、多路并行召回策略以及冷启动策略实现了高校电子文献资源智能推荐系统。整合不同数据库文献资源形成资源库如图 2 所示。

图 2 中展示了与经济学原理相关的文献资源,可看出经济学原理相关资源的获取方式,分别是馆藏纸质资源、CNKI、维普、万方、国家哲学社会科学学术期刊数据库。系统试运行 1 个月后,平台汇总了 142 万条文献资源,累计访问量达 25 余万次,师生使用人数达到 1800 人。为了展示推荐效果,本文以农学院某教师为例,其使用平台 1 个月后的文献资源推荐结果如图 3 所示。该教师研究方向为作物高产高效优质栽培,杂粮品质栽培生理生态、育种及产业化,发表过小麦种植、不同肥料对作物影响方面的论文,承担过“植物生产学”“作物栽培学”“农业资源利用与区划”“农业推广学”



图 2 整合不同数据库形成的资源库



图3 文献资源推荐结果

“农事操作”等课程的教学。

5.2 应用效果

为了了解高校电子文献推荐系统的使用效果，本文随机调研了180名师生，22%的师生表示未使用过该平台，其中学生用户占18%，教师用户占4%；70%的师生表示使用过该平台，能为自己推送感兴趣的文献资源；8%的师生表示使用过该平台，对平台推荐功能比较满意，但是推送文献的领域比较固定，缺少新领域的推荐，难以发现新的感兴趣的领域。通过调研发现，平台推荐效果良好，但也存在部分用户难以发现新的感兴趣领域的问题。

6 结束语

随着智慧图书馆建设的不断推进，如何为用户提供优良的个性化、智慧化信息服务是智慧图书馆建设中的一个重要任务。基于此，本文按照提出的系统架构、多路并行召回策略以及冷启动策略实现了高校电子文献推荐系统。实践证明，实现的高校电子文献资源智能推荐系统将多个文献数据库整合在一起，方便了师生用户查找文献资源。同时，基于协同过滤召回算法、内容相似召回算法、兴趣标签召回算法的推荐系统能够向师生用户推荐感兴趣的电子文献资源，但也存在部分用户难以发现新的感兴趣领域的问题，后续本文将继续探索，完善新领域的电子文献资源推荐算法。

参考文献:

[1] 黄英辉, 王伟军, 刘辉, 等. 个性化信息推荐中的过度特化问题研究进展[J]. 情报科学, 2022, 40(8): 185-192.

HUANG Y H, WANG W J, LIU H, et al. Research progress of the over-specialization problems in personalized information recommendation[J]. Information Science, 2022, 40(8): 185-192.

[2] 邹鼎杰, 包冬梅. 基于社会网络分析的图书共借网络研究: 以复旦大学图书馆为例[J]. 图书馆杂志, 2020, 39(10): 89-95.

ZOU D J, BAO D M. Book co-borrowing network based on social network analysis: a case study of Fudan university library[J]. Library Journal, 2020, 39(10): 89-95.

[3] 肖仁锋. 基于协同过滤的图书馆个性化推荐算法的研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2017.

XIAO R F. Research on personalized recommendation method of library based on collaborative filtering[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2017.

[4] OSADCHIY T, POLIAKOV I, OLIVIER P, et al. Recommender system based on pairwise association rules[J]. Expert Systems with Applications, 2019, 115: 535-542.

[5] 薛福亮, 马莉. 利用动态产品分类树改进的关联规则推荐算法[J]. 计算机工程与应用, 2016, 52(4): 135-141.

XUE F L, MA L. Improved association rule recommendation method based on dynamic product taxonomy[J]. Computer Engineering and Applications, 2016, 52(4): 135-141.

[6] 郭显娥, 王俊红. 多维概念格与关联规则发现[J]. 计算机应用, 2010, 30(4): 1072-1075.

GUO X E, WANG J H. Multi-dimensional concept lattice and association rules discovery[J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(4): 1072-1075.

[7] 刘华玲, 马俊, 张国祥. 基于深度学习的内容推荐算法研究综述[J]. 计算机工程, 2021, 47(7): 1-12.

LIU H L, MA J, ZHANG G X. Review of studies on deep learning-based content recommendation algorithms[J]. Computer Engineering, 2021, 47(7): 1-12.

[8] 于蒙, 何文涛, 周绪川, 等. 推荐系统综述[J]. 计算机应用, 2022, 42(6): 1898-1913.

YU M, HE W T, ZHOU X C, et al. Review of recommendation system [J]. Journal of Computer Applications, 2022, 42(6): 1898-1913.

[9] 尹宏伟, 杭雨晴, 胡文军. 融合异常检测与区域分割的高效 K-means 聚类算法[J]. 郑州大学学报(工学版), 2024, 45(3): 80-88.

YIN H W, HANG Y Q, HU W J. Efficient K-means with region seg-

- ment and outlier detection[J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science), 2024, 45(3): 80-88.
- [10] 郭满, 张万桢, 孙苗, 等. 基于 DBIRCH 算法的 Argo 剖面数据聚类[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2020, 38(5): 568-577.
WU M, ZHANG W Z, SUN M, et al. Argo profile data clustering based on DBIRCH algorithm[J]. Journal of Jilin University (Information Science Edition), 2020, 38(5): 568-577.
- [11] 李志聪, 孙旭阳. 基于离群点检测和自适应参数的三支 DBSCAN 算法[J]. 计算机应用研究, 1-7.
LI Z C, SUN X Y. Three-way DBSCAN algorithm based on outlier detection and adaptive parameters [J]. Computer application research, 1-7.
- [12] 曲天晟. 融合时间上下文信息的个性化音乐混合推荐算法研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2021.
QU T S. Research on personalized music hybrid recommendation algorithm combining time context information[D]. Jinzhou: Bohai University, 2021.
- [13] 于旭, 何亚东, 杜军威, 等. 一种结合显式特征和隐式特征的开发者混合推荐算法[J]. 软件学报, 2022, 33(5): 1635-1651.
YU X, HE Y D, DU J W, et al. Developer hybrid recommendation algorithm based on combination of explicit features and implicit features [J]. Journal of Software, 2022, 33(5): 1635-1651.
- [14] 成胤钟. 基于畅销书及意见领袖的图书推荐系统[J]. 计算机应用与软件, 2024, 41(1): 64-70, 104.
CHENG Y Z. Book recommendation system based on opinion leaders and popular books[J]. Computer Applications and Software, 2024, 41(1): 64-70, 104.
- [15] 陈显龙. 意见挖掘结合图分类器的图书个性化推荐系统[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2017, 39(3): 107-110.
CHEN X L. A book recommendation system based on fusion of opinion mining and figure classifier[J]. Natural Science Journal of Xiangtan University, 2017, 39(3): 107-110.
- [16] 孙彦超. 基于聚类分析算法的图书推荐系统的研究[J]. 图书馆理论与实践, 2015(5): 76-79.
SUN Y C. Research on book recommendation system based on clustering analysis algorithm[J]. Library Theory and Practice, 2015(5): 76-79.
- [17] 刘韵毅, 梁樑. 基于用户偏好的文献推荐系统[J]. 情报理论与实践, 2007, 30(1): 61-63, 25.
LIU Y Y, LIANG L. The literature recommendation system based on users' preference[J]. Information Studies (Theory & Application), 2007, 30(1): 61-63, 25.
- [18] 陈华, 陆黎明, 刘玉文. 基于 Web 数据挖掘的文献个性化推荐系统的设计[J]. 山东大学学报(理学版), 2007, 42(11): 69-72.
CHEN H, LU L M, LIU Y W. Design of a literature personalized recommendation system based on web data mining[J]. Journal of Shandong University (Natural Science), 2007, 42(11): 69-72.
- [19] 刁羽, 薛红. 基于电子资源行为数据的 TF-IDF 文献推荐算法研究: 以电子资源校外访问系统为例[J]. 图书馆杂志, 2022, 41(12): 45-54.
DIAO Y, XUE H. Research on the TF-IDF literature recommendation based on behavior data of electronic resource: taking off-campus access system of electronic resource as an example[J]. Library Journal, 2022, 41(12): 45-54.
- [20] 秦楠, 郑竞力, 吴驰, 等. 高校资讯智能推荐系统的架构设计与关键策略研究[J]. 现代教育技术, 2023, 33(12): 100-110.
QIN N, ZHENG J L, WU C, et al. Research on the architecture construction and key strategies of intelligent recommendation system for university information[J]. Modern Educational Technology, 2023, 33(12): 100-110.
- [21] 王春成. 基于混合推荐算法的智能分诊系统研究与设计[D]. 成都: 成都理工大学, 2021.
WANG C C. Research and design of intelligent triage system based on hybrid recommendation algorithm[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2021.
- [22] 胡国强, 杨彦荣. 智慧教育背景下高校智慧实验室的构建与研究[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(3): 283-287.
HU G Q, YANG Y R. Construction and research of university intelligent laboratory under context of intelligent education[J]. Experimental Technology and Management, 2021, 38(3): 283-287.

[作者简介]



胡国强 (1981-), 男, 陕西周至人, 西北农林科技大学高级工程师, 主要研究方向为信息网络技术应用与教育信息化。