

# 基于个性化推荐的服装知识图谱构建

潘王蕾<sup>1</sup>, 何 瑛<sup>\*1,2</sup>

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 丝绸文化传承与产品设计数字化技术文化和旅游部重点实验室, 浙江 杭州 310018)

**摘 要:**知识图谱作为大数据背景下信息承载及知识推理的工具,有助于解决大部分服装推荐系统中存在的用户和服装信息挖掘不全的问题。通过归纳服装个性化推荐的研究现状,对知识图谱及其相关实践应用进行概述,构建、分析服装领域知识体系,并将服装属性分为基础属性、表现属性和外在属性3个要素,其中服装外在属性中加入了以在线评论为基础,运用SnowNLP语言库得到的综合情感得分,并由此构建服装知识图谱,从中得到用户与服装、服装与服装之间的语义关系。通过连衣裙实例分析,证明知识图谱推理的可解释性,为服装个性化精准推荐提供参考。

**关键词:**服装推荐;知识图谱;产品属性;图数据库;个性化;在线评论;情感分析

**中图分类号:**TS 941.2 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2022)03-0275-08

## Construction of Clothing Knowledge Graph Based on Personalized Recommendation

PAN Wanglei<sup>1</sup>, HE Ying<sup>\*1,2</sup>

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Key Laboratory of Silk Culture Inheriting and Products Design Digital Technology, Ministry of Culture and Tourism, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:**As the information bearer and knowledge reasoning tool under the background of big data, knowledge graph is helpful to solve the problem that users and clothing information mining is not comprehensive enough in most clothing recommendation systems. This paper concluded the research present situation of clothing personalized recommendation, and summarized the knowledge graph and its application. It constructed and analyzed the knowledge system of clothing domain, and divided clothing attribute into three elements: basic attribute, performance attribute and external attribute. Among them, a comprehensive emotional score obtained by SnowNLP language library based on online comments was added to the external attributes of clothing, and the clothing knowledge graph was constructed to obtain the semantic relationship between users and clothing, clothing and clothing. This paper demonstrated the interpretability of knowledge graph inference through the example analysis of dress, and provided a reference for precise clothing personalized recommendation.

**Key words:** clothing recommendation, knowledge graph, product attributes, graph database, personalization, online comment, sentiment analysis

随着生活水平的不断提高,人们的消费需求逐步个性化。同时,服装的品类和产量不断增加,消费者网购时需要花费大量的精力与时间才能找到心仪的商品,因此服装个性化推荐至关重要。服装

个性化系统可以根据用户的需求和偏好推荐服装,减少消费者检索时间,提高购物效率,增加其对所推荐服装的购买意愿。

服装个性化推荐模型主要由服装信息获取和

收稿日期:2021-07-12; 修订日期:2022-01-05。

作者简介:潘王蕾(1996—),女,硕士研究生。

\* 通信作者:何 瑛(1978—),女,副教授,硕士生导师。主要研究方向为服装消费心理及感性工学。

Email:daisyhe@zstu.edu.cn

服装推荐算法组成。服装信息获取主要采用视觉图像识别的方法识别服装属性特征,或通过数据爬取、信息挖掘等方式构建推荐模型<sup>[1-2]</sup>。服装推荐算法主要用于服装属性特征的评价权重分析以及服装属性信息的聚类研究。例如,胡觉亮等<sup>[3]</sup>、单毓馥等<sup>[4]</sup>根据用户权重给服装打分,并推荐评分最高的服装给顾客。也有学者通过对用户偏好进行聚类产生用户集合,结合服装基础特征语义推荐合适的服装,以提高推荐准确率<sup>[5-6]</sup>。但上述大部分研究忽略了服装在购物环境中呈现的外在属性,如服装品牌、服装销售渠道以及在线评论等,这些也是影响用户购买意愿的因素之一。蔡丽玲等<sup>[7]</sup>提出,线上评论内容对消费者购买意愿有显著影响。因此,可以通过在服装推荐系统中添加辅助信息来补全服装属性,而知识图谱通常包含商品属性以及各项目之间的关系,通过知识图谱中丰富的商品语义,可以深入挖掘用户的潜在兴趣。

知识图谱是 2012 年由 Google 正式提出的,用来描述真实世界中存在的各种实体或概念以及它们之间的关系。知识图谱通常采用三元组  $\langle h, r, t \rangle$  表示概念和事件,其中  $h$  表示头实体,  $r$  表示关系,  $t$  表示尾实体<sup>[8]</sup>。研究人员提出了多类知识图谱,运用于金融、医疗、情报等多个行业领域<sup>[9]</sup>,以完成数据挖掘、知识问答、文本分类等工作。同时,融合知识图谱的高效推荐系统成为研究主流。在服装领域,ZHU M 等<sup>[10]</sup>通过自动识别在线评论内容中的款式、颜色等服装基本属性,构建服装知识图谱,提高实体识别效率;WEN Y F 等<sup>[11]</sup>提出服装推荐系统可结合服装知识图谱中的语义知识和用户在语境下的需求,缓解冷启动问题,提高推荐质量。甄德胜<sup>[12]</sup>基于 CNN-BNLSTM-CRF 算法对服装实体命名进行识别,得到服装自身属性,并通过协同过滤

推荐系统推荐服装。以上研究主要分析图谱的构建技术,在知识抽取时没有细化服装属性,也未考虑消费者实际购买服装时外在属性的影响,对服装语义的描述不够全面。

文中提出了知识图谱在服装个性化推荐领域的应用方法,结合专家意见、文献资料以及平台调研数据,把在线评论情感分析加入服装属性中,从电商平台获取服装数据,构建服装领域知识图谱,全方位描述服装、用户信息,构建两者间的关系,为服装个性化推荐提供新思路,从而提高消费者购买意愿。

1 服装领域知识图谱构建

在大数据时代,知识图谱是一种重要的知识表达形式,它通过符号对现实世界进行抽象表达。知识图谱主要采用自顶向下和自底向上两种构建模式<sup>[13]</sup>,其中自顶向下模式是在定义实体属性及其相互关系后,进行知识图谱数据的抽取和构建;自底向上模式是指从底层对实体或事件进行归纳后,向上逐步建立实体关系,从而得到知识图谱。将两种方式结合构建知识图谱,可以使多源数据根据概念层知识体系进行精准抽取与存储。

文中采用自底向上及自顶向下混合模式进行服装领域知识图谱构建,具体流程如图 1 所示。服装知识图谱主要由模式层和数据层两部分构成,模式层采用自顶向下的方式构建,由人工整理出图谱要素,定义实体属性关系,以提高服装知识图谱的构建质量;数据层以模式层为理论基础,通过自底向上的方式构建,在底层获取电商平台数据源信息,根据模式层服装罗列的要素和定义的属性值开展知识抽取、融合和存储等,从而完成服装知识图谱构建。

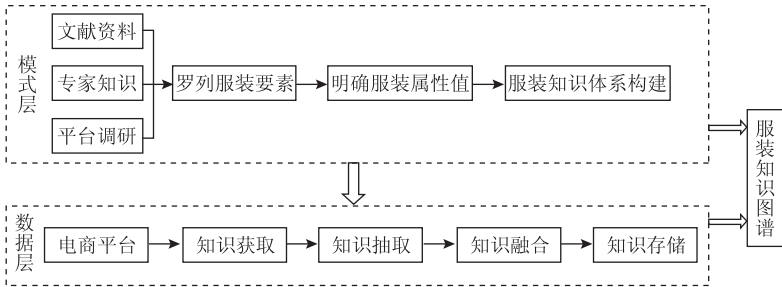


图 1 服装知识图谱构建流程

Fig. 1 Construction process of clothing knowledge graph

1.1 模式层构建

模式层主要是对服装知识体系的构建,是对实体的抽象描述,包含各要素及其关系的集合,并由

此形成基础理论框架。模式层构建的主要流程包括知识体系需求分析、要素罗列、属性值构成体系确定。在服装知识体系构建中,主要是对服装各要

素进行区分,明确各属性名称。综合国内外研究成果,发现不同研究领域的学者对产品属性的分类有一些差异,在分析产品属性与消费偏好的关系时,产品属性通常被划分为内在属性、外在属性、基础属性、表现属性和价格属性等<sup>[14-15]</sup>。文中将服装属性分为基础属性、表现属性和外在属性。把服装基础属性与用户属性结合,可以划分年龄、性别等要素,便于确定推荐服装的范围。服装由款式、色彩、面料3个要素组成<sup>[16]</sup>,根据文献和专家访谈可再细分为廓形、风格等属性,作为服装表现属性。

当用户购买服装时,除了考虑其穿着偏好外,还会浏览商家信息和商品评论等内容,最终做出购买决定,在此过程中会产生服装、商家及用户之间的交互数据,得到服装外在属性,补全服装知识体系,加深服装和用户的联系。外在属性包含店铺物流、服务、评论得分等,其中商品评论由大量的文本组成,包含用户对商品的情感态度和商品特征,文中提出评论情感得分属性,对评论采用中文分词方法得到高频词后确定特征集  $X = \{x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n\}$ 。

运用层次分析法将特征成对比较,生成判断矩阵

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix},$$

其中, $a_{ij}$ 表示特征  $x_i$  相对于  $x_j$  对评论情感得分的重要程度。

运用和积法得到特征权重  $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \cdots, \alpha_n\}$ ,特征值的情感得分根据情感词库情感值进行打分,得到集合  $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3, \cdots, \beta_n\}$ 。由此可得到评论情感得分为

$$F = \alpha \cdot \beta^T. \tag{1}$$

式中: $F$  为评论情感得分; $\alpha$  为特征权重; $\beta$  为特征值的情感得分。

根据上述理论体系可得到服装属性。根据服装领域属性名称的语义关联,结合文献<sup>[3,6,14]</sup>以及淘宝电商平台与专家访谈的属性值描述,明确各项服装属性的属性值并得到三元组  $\langle \text{服装}, \text{属性}, \text{属性值} \rangle$ ,完成服装知识体系构建,具体如图2所示。

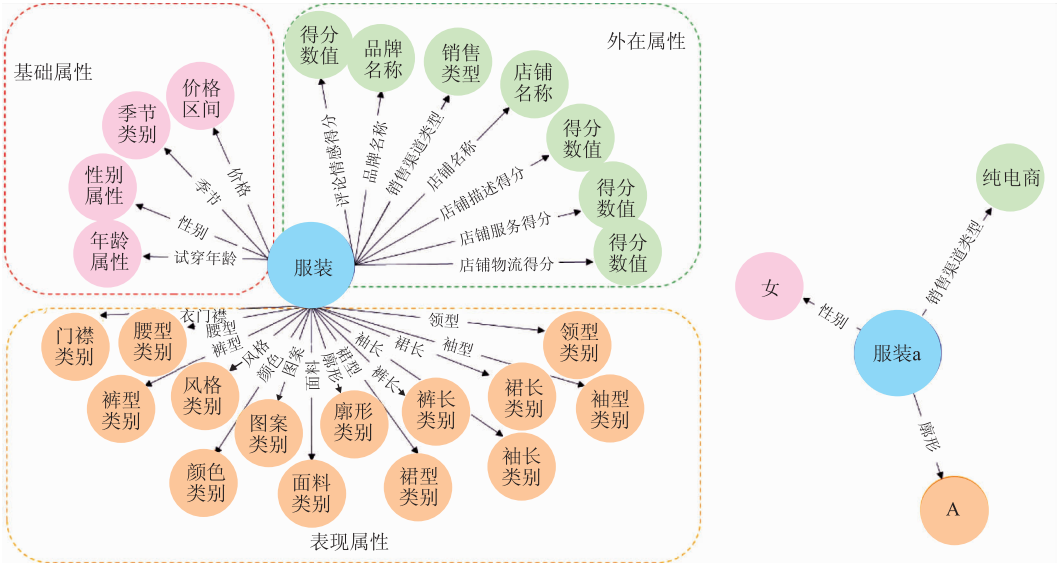


图2 服装知识体系模型

Fig.2 Mode of clothing knowledge system

1.2 数据层构建

服装知识图谱的数据层是在模式层框架下描述所得,是实体和属性的关系集合。通过数据的获取、实体关系的抽取、知识的融合和存储可构建数据层知识图谱。

1.2.1 服装知识图谱获取 对于网页数据的获取,可通过设置检索关键词得到相关网页,再利用网页爬虫技术获取数据<sup>[9]</sup>。依据电商平台检索习惯,将服装检索关键词分为服装类别和性别。服装分类的方法较多,文中通过文献<sup>[3,17-18]</sup>确定服装

类别。服装检索关键词见表1。

表1 服装检索关键词  
Tab.1 Key words of clothing retrieval

项目	关键词
上身服装	T恤,衬衫,毛衣,卫衣,外套
下身服装	半身裙,裤装
连体服装	连衣裙,连体裤
性别	男,女

文中运用八爪鱼网络爬虫软件获取服装知识,选择其在淘宝平台的商品列表、详情页和在线评论采集模块进行操作,具体流程为:①点击商品列表

采集模块,输入确定的服装类别关键词,如“毛衣男”,通过统一资源定位系统(uniform resource locator,URL)转至相应淘宝网页,从页面的服装商品列表中自动爬取商品 ID 信息;②清洗初步数据,对爬取的商品 ID 进行分析判断,将相同的服装去重;③点击商品详情页采集模块,导入清洗后的服装 ID,通过服装链接得到详情页信息,进一步爬取服装产品参数、商家信息;④点击在线评论采集模块,输入服装 ID 采集评论,评论时间越近,其有用性感知越高<sup>[19]</sup>,因此文中将评论时间设置为近 3 个月。知识获取流程如图 3 所示。

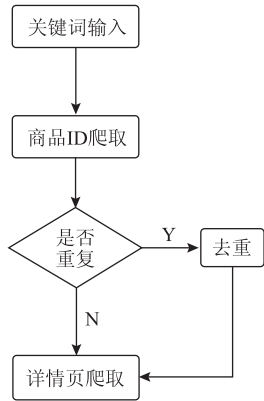


图 3 知识获取流程

Fig.3 Knowledge acquisition process

1.2.2 服装知识图谱抽取 知识抽取包含实体抽取和关系抽取。抽取的数据源分为结构化数据、半结构化数据和非结构化数据。

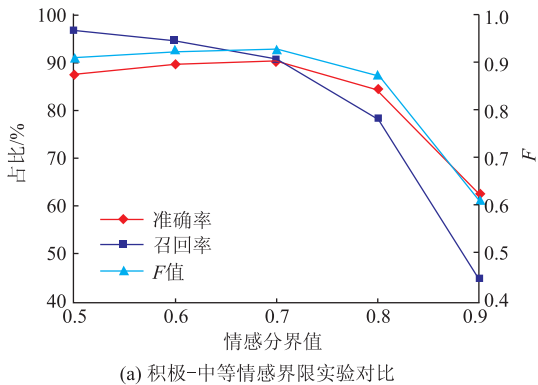
由知识抽取部分可知,淘宝平台服装详情页面上的产品参数包含属性及属性值的汇总表,是对实体的结构化总结。相较于其他两类数据源,这类结构化数据的置信度高,数据质量可靠,不易随时间改变。结构化数据可以直接从详情页面中提取实体相关的属性及属性值,简化知识抽取过程,提高工作效率。根据模式层中服装实体属性的定义,对网页中获取的知识进行关系抽取,剔除网页中的冗余信息和不相关信息,如“货号”等属性词。过滤后得到较为有效的语料,构成<服装,属性,属性值>三元组数据。

评论属于非结构化数据,处理非结构性文本一般采用基于规则的方法、基于机器学习的方法等。关系抽取的目的是获得实体间的语义关系,该过程在数据抽取中属于难点。文中通过 Python 语言库中的 Jieba 分词处理文本,在分词过程中使用停用词表,以提高文本处理效率及筛选后的高频词提取特征值的准确率。考虑到服装的特殊性,文中在采用

中文停用词表、哈工大停用词表和四川大学机器智能实验室停用词库的基础上,自定义 343 个服装停用词,如“衣服”“穿”“上身”等。

采用汉语分词得到高频词,并对其进行分类,得到特征集合  $X$ 。针对网购消费者在线评论的特征,以问卷形式向 20 位服装领域资深专家征询意见,并通过层次分析法得到特征值权重  $\alpha$ 。对于特征值对应的情感得分,文中使用 Python 中的 SnowNLP 语言库对情感值进行打分,分值为 0~1。由于已有的服装情感词库语料不够全面,需要通过人工标注对词汇进行扩充,如增加“衣服洗了褪色”“容易皱”“会起球”等语料。为验证补充后词库情感打分的准确性,将文中验证实验得到的积极、中等、消极 3 种情感比例与商品评论好、中、差评的比例进行对比。

验证实验以连衣裙为对象,从淘宝爬取 400 件不重复商品的 17 003 条评论。为提高实验准确性,清除评论数不足 10 条的服装,最终得到 379 件服装,共计 16 856 条评论,并标记好、中、差评。将数据集以 9:1 的比例划分训练集和验证集,得到的对比结果如图 4 所示。由图 4(a)可知,积极-中等的情感分界值在 0.5~0.7 时,准确率和  $F$  值随着情感分界值的增加呈上升趋势;情感分界值在 0.7~0.9 时,准确率和  $F$  值随着情感分界值的增加呈下降趋势。由图 4(b)可知,中等-消极的情感分界值在 0.1~0.3 时,准确率和  $F$  值与情感分界值呈正相关;情感分界值在 0.3~0.6 时呈负相关。因此,当情感分界值为 0.7 和 0.3 时,服装评论的准确率最高,此时  $F$  值分别为 0.92 和 0.73,整体召回率数值较好,因而情感分类效果最优。对基于服装情感词库的 SnowNLP 库进行情感分析,得出积极、中等、消极情感的数量接近于实际商品评论好、中、差评的数量,分析结果准确度高,可以用于服装评论情感打分。





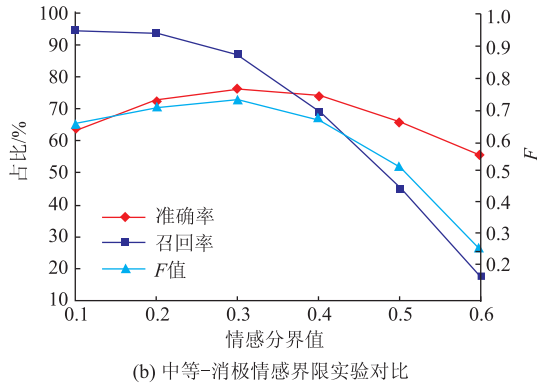


图4 不同情感界限实验结果对比

Fig.4 Experimental comparison results with different emotional boundaries

**1.2.3 服装知识图谱融合** 知识融合是通过对同类知识的融合,实现对已有知识图谱的补充、更新和去重。文中以模式层中服装知识体系的属性值为理论标准,对数据层中知识抽取得到的不规范名词属性值进行融合,从而保证知识图谱中的数据一致性和准确性。以颜色的属性值为例,杏色、柠檬黄、姜黄色属于黄色系,红色系、黄色系、橙色系属于暖色系,服装a的颜色是姜黄色,用三元组可表示为<cloth\_a,颜色,暖色系>。颜色属性值融合前后对比情况见表2。

表2 知识融合前后对比

Tab.2 Comparison of knowledge fusion before and after

融合前	融合后
天蓝色,深蓝色,藏青色	冷色系
咖色,巧克力色,深棕色	中性色系
橘红色,西瓜红,酒红色	暖色系
杏色,柠檬黄,姜黄色	暖色系

此类融合方式在服装个性化推荐过程中可以缓解用户数据的稀疏性。例如,当用户想购买黄色服装时,则会一同推荐暖色系中的其他颜色,提高推荐结果的多样性。

**1.2.4 服装知识图谱存储** 服装知识图谱中的知识通过资源描述框架(resource description framework,RDF)表示,在存储后运用。基于图结构的存储是知识存储的主要方式,可以利用有向图对知识图谱的数据进行建模。在图模型结构中,实体为节点,属性为带标签的边,数据在实际存储时需借助存储系统。常用的存储数据库有 Neo4j,InfoGrid,InfiniteGraph 等。文中运用 Neo4j 图形数据库存储系统将结构化数据存储在中图。Neo4j 作为基于文件的数据库,在运用过程中不需要启动数据库服务器,可直接在本地进行操作,有利于加快访问速度。

2 图谱在产品单元的应用

为验证知识图谱在服装领域的可行性,文中以连衣裙为例,展示服装知识图谱的构建过程:①在模式层构建连衣裙服装知识体系,在数据层中通过淘宝平台搜索关键词“连衣裙”后爬取连衣裙数据;②重新爬取 500 件连衣裙 ID,分别进入商品详情页和评论进行实体、属性爬取;③经过数据清洗,剩余 463 件连衣裙和 20 657 条评论,对连衣裙的评论进行分词处理得到高频词词云(见图5);④选择质量、价格、外观、物流和服务 5 个特征值,通过问卷法和层次分析法确定相应权重(见表3);⑤通过 SnowNLP 语言库对情感值打分,根据式(1)得到评论情感得分属性值;⑥对详情页进行知识抽取,得到 23 个属性,1 325 个实体,经过知识融合后,得到 23 个属性,881 个实体;⑦利用 Neo4j 图形数据库存储系统对数据进行存储,形成连衣裙的知识图谱(见图6),知识融合所得到的实体和属性分别构成服装知识图谱的节点和边。



图5 连衣裙评论高频词词云

Fig.5 High-frequency word cloud of dress comments

表3 连衣裙评论的特征权重

Tab.3 Weight of dress comment features

目标层	评论情感得分				
指标层	质量	价格	外观	物流	服务
权重	0.316 5	0.229 0	0.265 2	0.078 4	0.110 9

通过连衣裙的基础属性、表现属性和外在属性,可以描述服装之间的关系。以连衣裙 a,b,c 为例,假设用户甲购买连衣裙 a,用户乙购买连衣裙 b,c,则可用以下三元组表示其中的几条路径:

<用户甲,购买,cloth\_a>→<cloth\_a,颜色,暖色系>→<暖色系,颜色,cloth\_b>;



点边游走路径和语义相似度可用于服装推荐,通过考虑用户和用户、用户和服装以及服装和服装之间的关系,发现用户的潜在兴趣,得到满足消费者需求和偏好的服装信息,更好地实现服装个性化推荐。未来需要进一步研究服装领域知识图谱以及基于知识图谱的新推荐技术,以提供更准确的个性化建议。

### 参考文献:

- [1] YANG Z L, SU Z, YANG Y, et al. From recommendation to generation: a novel fashion clothing advising framework[C]//2018 7th International Conference on Digital Home (ICDH). Guilin: IEEE, 2018: 180-186.
- [2] DENG Q Q, WANG R M, GONG Z X, et al. Research and implementation of personalized clothing recommendation algorithm[C]//2018 7th International Conference on Digital Home (ICDH). Guilin: IEEE, 2018: 219-223.
- [3] 胡觉亮,王正方,韩曙光. 基于用户偏好的个性化服装推荐模式研究[J]. 浙江理工大学学报(社会科学版), 2018, 40(2): 136-143.
- HU Jueliang, WANG Zhengfang, HAN Shuguang. Research on personalized clothing recommendation mode based on user preference [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University (Social Sciences Edition), 2018, 40 (2): 136-143. (in Chinese)
- [4] 单毓馥,李丙洋. 电子商务推荐系统中服装推荐问题研究[J]. 毛纺科技, 2016, 44(5): 66-69.
- SHAN Yufu, LI Bingyang. Research on apparel recommendation in e-commerce recommender systems [J]. Wool Textile Journal, 2016, 44 (5): 66-69. (in Chinese)
- [5] 王义,马尚才. 基于用户行为的个性化推荐系统的设计与应用[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(8): 29-33.
- WANG Yi, MA Shangcai. Design and application of personalized recommendation system based on users behavior[J]. Computer Systems and Applications, 2010, 19(8): 29-33. (in Chinese)
- [6] 艾黎. 基于商品属性与用户聚类的个性化服装推荐研究[J]. 现代情报, 2015, 35(9): 165-170.
- AI Li. The research on personalized recommendation based on commodity attribute and user clustering [J]. Journal of Modern Information, 2015, 35(9): 165-170. (in Chinese)
- [7] 蔡丽玲,季晓芬,庞琛. 服装在线评论有用性的影响因素[J]. 纺织学报, 2018, 39(8): 158-163.
- CAI Liling, JI Xiaofen, PANG Chen. Influence factors of helpfulness of online review on garment products [J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(8): 158-163. (in Chinese)
- [8] 李鑫柏,吴鑫然,岳昆. 基于贝叶斯网的开放世界知识图谱补全[J]. 计算机工程, 2021, 47(6): 104-114.
- LI Xinbai, WU Xinran, YUE Kun. Open-world knowledge graph completion based on Bayesian network [J]. Computer Engineering, 2021, 47 (6): 104-114. (in Chinese)
- [9] 杜志强,李钰,张叶廷,等. 自然灾害应急知识图谱构建方法研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(9): 1344-1355.
- DU Zhiqiang, LI Yu, ZHANG Yeting, et al. Knowledge graph construction method on natural disaster emergency [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(9): 1344-1355. (in Chinese)
- [10] ZHU M, ZHEN D S. Chinese named entity recognition for clothing knowledge graph construction [J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019 (1): 012043.
- [11] WEN Y F, LIU X Q, XU B. Personalized clothing recommendation based on knowledge graph[C]//2018 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP). Shanghai: IEEE, 2018: 1-5.
- [12] 甄德胜. 基于服装领域知识图谱的推荐技术应用研究[D]. 上海: 东华大学, 2020.
- [13] 刘峤,李杨,段宏,等. 知识图谱构建技术综述[J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(3): 582-600.
- LIU Qiao, LI Yang, DUAN Hong, et al. Knowledge graph construction techniques [J]. Journal of Computer Research and Development, 2016, 53(3): 582-600. (in Chinese)
- [14] 吴长亮. 消费者决策角度下的产品属性分类体系研究[J]. 商业时代, 2011(19): 24-25.
- WU Changliang. Research on product attribute classification system from the perspective of consumer decision [J]. Commercial Times, 2011(19): 24-25. (in Chinese)
- [15] WIRTZ J. Halo in customer satisfaction measures [J]. International Journal of Service Industry Management, 2003, 14(1): 96-119.
- [16] 梁建芳,李筱胜. 电子商务环境下女性服装消费行为分析[J]. 浙江理工大学学报, 2011, 28(5): 728-733.
- LIANG Jianfang, LI Xiaosheng. Analysis on female clothing consumer behavior under e-commerce environment [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2011, 28(5): 728-733. (in Chinese)
- [17] LIU S, LIU L Q, YAN S C. Fashion analysis: current

techniques and future directions[J]. IEEE Multimedia, 2014, 21(2): 72-79.

[18] 吴苗苗, 刘骊, 付晓东, 等. 款式特征描述符的服装图像细粒度分类方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2019, 31(5): 780-791.

WU Miaomiao, LIU Li, FU Xiaodong, et al. Fine-grained clothing image classification by style feature description [J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2019, 31(5): 780-791. (in Chinese)

[19] 汪涛, 王魁, 陈厚. 时间间隔何时能够提高在线评论的有用性感知——基于归因理论的视角[J]. 商业经济与管理, 2015(2): 46-56.

WANG Tao, WANG Kui, CHEN Hou. The impact of temporal distance on the increase of the perceived usefulness of online reviews—from the perspective of the attribution theory [J]. Journal of Business Economics, 2015 (2): 46-56. (in Chinese)

[20] HUANG X W, FANG Q, QIAN S S, et al. Explainable interaction-driven user modeling over knowledge graph for sequential recommendation[C]//Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia. New York: ACM, 2019: 548-556.

[21] 袁泉, 成振华, 江洋. 基于知识图谱和协同过滤的电影推荐算法研究[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(4): 714-721.

YUAN Quan, CHENG Zhenhua, JIANG Yang. A movie recommendation algorithm based on knowledge graph and collaborative filtering [J]. Computer Engineering and Science, 2020, 42(4): 714-721. (in Chinese)

[22] 汤伟韬, 余敦辉, 魏世伟. 融合知识图谱与用户评论的商品推荐算法[J]. 计算机工程, 2020, 46(8): 93-100.

TANG Weitao, YU Dunhui, WEI Shiwei. Commodity recommendation algorithm fusing with knowledge graph and user comment[J]. Computer Engineering, 2020, 46(8): 93-100. (in Chinese)

[23] 王根生, 潘方正. 融合语义相似度的协同过滤推荐算法[J]. 中国科学技术大学学报, 2019, 49(10): 835-841.

WANG Gensheng, PAN Fangzheng. Collaborative filtering recommendation algorithm based on semantic similarity [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2019, 49(10): 835-841. (in Chinese)

(责任编辑:沈天琦)

(上接第 261 页)

[8] 天津市档案馆. 天津日本租界中国人营业种别簿[A]. 档案号 J0001-000560, 1946.

[9] 天津市地方志编修委员会. 天津通志: 附志·租界[M]. 天津: 天津社会科学院出版社, 1996.

[10] 天津市和平区地方志编修委员会. 和平区志: 上册[M]. 天津: 天津社会科学院出版社, 2004.

[11] 天津市概要. 工商编[M]. 天津: 天津市政府, 1934.

[12] 天津市地方志编修委员会. 天津通志·物价志[M]. 天津: 天津社会科学院出版社, 1997.

[13] 陈宫. 基于《中国旧海关史料》的民国时期进口服装面料辅料研究与应用[D]. 无锡: 江南大学, 2019.

[14] 天津地方志编修委员会. 和平区志: 下册[M]. 天津: 天津社会科学院出版社, 2004.

[15] 鸳湖. 谈跳舞[J]. 妇女(天津), 1928, 1(6): 1-6.

YUAN Hu. On dancing [J]. Women (Tianjin), 1928, 1(6): 1-6.

[16] 冀察政务委员会秘书处第三组第三科. 平津两市人口职业分配及失业之统计[J]. 冀察调查统计丛刊 1937, 2(2): 4.

The Third Section of the Third Troup of the Secretariat of the Hebei-Chahar Government Affairs Committee. The statistics of the occupational distribution and unemployment of the population in the two cities of Pingjin and Tianjin[J]. Ji-Chaha Survey and Statistics Series, 1937, 2(2): 4. (in Chinese)

(责任编辑:张雪)