

# 动态社区发现在个性化推荐系统中的应用

徐正巧<sup>1</sup>,高江锦<sup>2</sup>,赵德伟<sup>1</sup>

(1. 西华师范大学 教育信息技术中心, 四川 南充 637002; 2. 西华师范大学 科研处, 四川 南充 637002)

**摘要:**随着复杂网络研究的深入,网络社区结构的研究逐渐成为学者们研究的热点,该文将复杂网络社区检测技术进入对推荐系统中,同时利用动态社区检测算法进行演化社区结构和用户偏好研究,有效的设计和实现个性化推荐,为社区提供更优质,更适合的服务,以此来促进用户和社区共同发展。

**关键词:**复杂网络;社区检测;个性化推荐;推荐系统

**中图分类号:**TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3044(2017)15-0029-02

DOI:10.14004/j.cnki.ckt.2017.1619

## 1 概述

随着网络技术的飞速发展,推荐技术的研究已经成为很多交叉领域的热点,其理论和应用的价值和意义非常重大。而推荐系统近些年来越来越受人们的关注,呈现出欣欣向荣的发展趋势,包括电影、音乐、新闻、著作、科研论文等都非常普及,逐渐成为我们生活中必不可少的一部分。推荐系统是指根据用户的喜好,来为用户中的成员提供个性化推荐的系统。现实生活中这样的系统比较多,如豆瓣读书中的“豆瓣猜”功能,它就是根据你看过书和读后评价,与整个豆瓣社区其他会员看过的书与评价,就可以给你推荐你没读过但感兴趣的书籍;淘宝等购物网站通过用户浏览记录、登录信息和购买信息等数据分析用户的偏好、购买能力找到用户感兴趣的东西,提高网络交叉销售能力等。

随着博客、微博、微信、QQ等各种网络社交平台的涌现和发展,学术界对网络结构及其演化的研究有了更广泛的关注,将单一对网络的研究扩展到移动互联网应用、生物医学、科技等商业应用中。个性化推荐技术是在信息检索的基础上发展起来的,它是经过分析用户的行为特征,挖掘每个用户特有的偏好,然后再根据用户的喜好从海量数据中挖掘用户最可能感兴趣的信息,推荐给用户<sup>[1]</sup>。

基于社区的推荐技术也逐渐成为推荐技术研究的一个热点,研究者们利用网络分析、链路预测等对网络中的个体用户的属性进行分析,记录其个性化偏好,为其进行最合适、最有价值的和最感兴趣的推荐,虽然目前这些技术已经有了很大的关注,也取得了一定的成果,但是这些研究也只是针对静态网络,而网络实际上是动态演化的,因此,个性化推荐系统中社区用户也是动态变化的,不仅如此,社区中用户的偏好也是可能发生变化的,所以,我们需要基于动态演化网络来进行个性化推荐技术的研究,以此来提供更好的服务,更合适的推荐。

## 2 复杂网络

复杂网络的相关研究进入中国已经十年,在过去的十年中,很多研究方向受到来自不同研究领域学者们的广泛关注,并极大地推动了复杂网络和复杂性科学的发展。现代网络科

学对我们学习和理解复杂网络有非常重要的作用,复杂网络是研究复杂系统的一个角度和方法,研究和挖掘出了各种各样的具有一定普适性的网络特征,如无标度现象<sup>[2]</sup>、小世界效应<sup>[3]</sup>、社团性等。而进行社团结构的研究和分析有助于我们更好的理解复杂网络结构及其演化机制。

复杂网络可用来表示众多的社会、生物和通信系统,其中节点表示个体或者组织,边表示节点之间的交互关系。通过对复杂网络的研究,人们可以对模糊世界进行量化和预测,目前只有基于复杂网络的研究成果,能够在一定的范围内对事物的发展和运行进行简单预测,并且能够对网络崩溃进行一定的预告。

## 3 动态社区检测

网络中的社团就是指一组内部节点联系紧密与网络中其他节点链接稀疏的节点的集合,也就是说社团内部节点的联系是非常紧密的,而社团间的节点联系相对而言联系就比较稀疏,社团也可以被称为“簇”,通常社团中的节点拥有相似性。

近些年来,不同领域的学者们从不同角度使用不同方法对社区结构进行了深入的研究和探讨,提出了许多经典的社区检测算法,如基于模块化的算法<sup>[4]</sup>、随机游走算法<sup>[5]</sup>、聚类算法<sup>[6]</sup>和基于矩阵分解算法<sup>[7]</sup>,社区检测算法在许多方面与聚类分析很相似,许多聚类算法(k-means、DBSCAN)可以很容易改变成社区检测算法。现有的社团结构的检测方法大多只适用于静态网络,然而大多数复杂网络例如生物网络、社交网络、电力网络等都不是静态的,其拓扑结构随着时间的推移在不断发生变化,因此网络中的社团也不是静态的,是一个消亡,新生,收缩,扩张,分裂和融合的过程,近些年了,研究者们相继提出了一些新的动态社区发现算法。

## 4 个性化推荐系统

复杂网络和社会网络分析理论的研究,将社区扩展到了虚拟的社会网络中,网络不断的演化,社区结构也在随之发生着变化,社区中的用户以及用户的兴趣也随着时间和环境的不断变化而出现变化,社区结构和用户兴趣模型也是一个随着时间不断动态变化的过程。

我们以社区图书推荐为例设计个性化推荐系统,首先我们需要使用基于动态距离的社区检测算法进行社区结构的研究,然后利用协同过滤算法进行图书推荐,具体系统的设计思想如下:

a. 设无向的图  $G=(V,E,W)$ , 根据杰卡德距离公式1计算初始时刻两点  $m,n$  之间的距离;利用公式2计算两个点  $m$  和  $n$  之间的  $t+1$  时刻的距离:

$$d(m,n) = 1 - \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (1)$$

其中,  $A$  是点  $m$  及其邻居节点的集合,  $B$  是点  $n$  及其邻居节点的集合。

$$D(m,n,t+1) = d(m,n,t) + DI(t) + CI(t) + EI(t) \quad (2)$$

其中,  $d(m,n,t)$  是  $t$  时刻  $m$  和  $n$  的杰卡德距离,  $DI(t)$ ,  $CI(t)$ ,  $EI(t)$  是两个点  $m,n$  之间的直接影响、邻居节点的影响和其他节点的影响。

b. 经过若干次计算,将距离为1的点间的边,就检测出了社区。

c. 利用动态形成的社区中用户的兴趣和行为模型建立:首先在网络上收集社区用户的信息和阅读记录,规范化建立兴趣矩阵和向量空间模型。

d. 我们利用基于用户协同过滤的推荐算法:采集用户数据用矩阵表示计算用户间的相似度找出相似的邻居;根据相似邻居对图书的评价预测出用户对未评价图书的评价;对评价分数并进行排序,进行推荐。

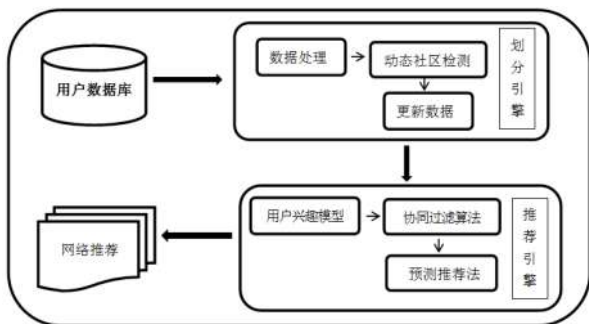


图1 个性化推荐系统框架图

该平台是基于B/S模式(Browser/Server),系统结构如图1所示,依据该系统的设计,我们将其分为了四个模块:数据库模块、社区划分模块、个性化推荐模块和服务管理模块。其中数据模块主要是实现用户属性、行为等数据的数据和分析处理;社区划分模块主要是使用动态社区检测算法进行社区划分;个性化推荐模块主要是利用基于用户的协同过滤算法进行社区推荐;服务管理模块主要管理用户,更新数据。

## 5 系统的测试指标

判断一个推荐系统好不好,主要的测量指标用户满意度,准确率、召回率、多样性、信任度、实时性等,我们主要通过下面

指标刻画:

1) 准确率(Precision):定义为推荐列表中用户喜欢的对象数和所有对象数的比率;

2) 召回率(Recall):定义为特定用户喜欢的产品数与用户喜欢的所有产品数的比率。

3) F-Measure(又称F-Score):准确率和召回率的依赖于用户喜欢和不喜欢的产品分类,而准确率和召回率指标有时候会出现矛盾的,为了综合利用准确率和召回率各自的优势,F-Measure将两者有机地结合起来定义:

$$F1 = \frac{2 * P * R}{P + R}$$

我们利用网上的Book-Crossing图书数据集,其中有278858个图书用户对271379本书进行的评分,包括显示和隐士评分,对本推荐系统进行了测试,对于用户满意度,我们主要使用用户问卷调查和在线评测,显示结83.8%为满意,12%为较满意,4.2%不满意。

经过测试,结果表明该推荐系统能够很好地为社区进行个性化推荐,但是,推荐的准确率还有待进一步提高,更好地将动态社区与个性化推荐完美结合并准确和优质的社区推荐服务。

## 6 结束语

社区个性化推荐技术研究越来越受不同领域学者们的关注,社区发现对分析和理解网络结构和演化具有重要的作用。综上所述,本文在研究动态社区检测算法的基础上,设计了基于该算法的个性化推荐系统,与传统的推荐系统相比,更能适应现代演化网络的发展需求,能更好地为演化社区提供个性化优质服务,推动社区个体用户和整个社会的进步和发展。

## 参考文献:

- [1] 叶小强. 基于个体兴趣模型的社区推荐算法研究[D]. 华南理工大学,2013:21.
- [2] Watts D J. A twenty-first century science[J]. Nature, 2007 (445):489-489.
- [3] Watts D J, Strogatz S. H., Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. Nature, 1998, 393 (6684): 440-442
- [4] Clauset A, M.E.J. Newman, Finding community structure in very large networks[J]. Phys. Rev. E, Stat. Nonlin. Soft Matter. Phys., 2004,70(6):66111.
- [5] Rosvall M,Bergstrom C T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure [J].Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2008, 105 (4) :1118-1123.
- [6] Jin H, Shuliang W, Chenyang L, Community detection in complex networks by density-based clustering[J].Physica, 2013, 392 (19) :4606-4618.
- [7] Zhang Z Y, Community structure detection in social networks based on dictionary learning[J]. Sci. China Inform. Sci., 2013, 56 (7) :1-12.