

推荐系统研究进展及展望¹

任晓丽¹, 刘鲁¹

¹ 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 (100083)

E-mail: rxl@sem.buaa.edu.cn

摘要: 在网络和电子商务环境下, 推荐系统得到了广泛的应用。本文研究推荐系统的理论、方法、技术、评价和应用问题, 在分析目前国内外推荐系统的理论研究和应用现状的基础上, 从用户信息收集和用户建模、个性化推荐算法、推荐系统的评价、推荐系统的应用和社会影响研究四个方面展开了详细和系统的评述, 探讨了其中关键技术, 建立了推荐系统在银行业、知识管理、客户关系管理中的应用框架, 最后指出推荐系统未来研究热点和发展方向。

关键词: 推荐系统; 协同过滤; 电子商务; 在线拍卖

中图分类号: TP311

1. 引言

随着 Internet 的发展, Internet 为用户提供越来越多信息和服务的同时, 其结构变得更加复杂, 在网络上的海量信息中, 用户及时地获得所需要的信息也更加困难。一方面, 用户面临对大量的信息束手无策, 经常会迷失在大量的信息空间中; 另一方面, 网站也失去了与用户的联系, 不能与用户建立稳固的合作关系。在这种背景下推荐系统(Recommender Systems)应运而生, 它根据用户的兴趣爱好推荐符合用户兴趣爱好的对象。推荐系统模拟商店销售人员向用户提供商品推荐, 不仅帮助用户找到所需信息, 而且通过推荐系统, 网站可以有效保留用户, 重建客户关系, 提高网站的点击率和用户的忠诚度[1]。

基于以上原因, 从 20 世纪 90 年代中期推荐系统的概念出现至今, 推荐系统得到了飞速发展。电子商务、网上交易的蓬勃兴起, 信息技术的进步, 给推荐系统提供了良好的契机和发展平台。由于巨大的应用需求, 推荐系统得到了广泛的关注, 许多国内外学者研究推荐系统, ACM 多次把推荐系统作为研讨主题, 众多国内外期刊也纷纷将推荐系统作为研究专题。我国也比较重视推荐系统的研究和应用, 国家自然科学基金曾资助过“面向电子商务的顾客偏好分析与个性化分析系统”、“电子商务个性化推荐系统及应用研究”。

本文属于国家自然科学基金资助项目(No.70371004)“电子商务个性化推荐系统及应用研究”的研究成果之一。本项目组在三年中开展了大量的推荐系统理论和应用研究工作, 取得了丰硕的成果。本文在项目研究基础上, 对研究成果进行总结和展望, 介绍推荐系统理论、方法、应用中的关键技术以及未来研究热点。

本文结构安排如下: 第二章分析了国内外目前推荐系统的研究现状, 第三、四、五、六章对自然科学基金项目“电子商务个性化推荐系统及应用研究”研究成果进行总结, 分别从用户信息获取和建模、推荐算法研究、推荐系统的评价问题、推荐系统的应用和社会影响研究四个方面系统介绍推荐系统的理论、方法、应用中的关键技术; 最后本文探讨了推荐系统的研究热点和未来发展方向。

2. 推荐系统研究内容和国内外研究现状

2.1 推荐系统研究内容

推荐系统是根据用户的兴趣爱好推荐符合用户兴趣的对象, 也称为个性化推荐系统。由于推荐系统可以辅助企业达到个性化营销的目的, 进而提升销售量, 为企业创造最大的利润,

¹ 本课题得到高等学校博士学科点专项科研基金(项目编号: 20040006023)的资助。

使得许多电子商务企业开始重视推荐系统的应用。国内外很多学者进行相关的研究工作，推荐系统的研究主要包括以下几个方面：

(1) 用户信息获取和建模。早期的推荐系统只需获取简单的用户信息，随着推荐系统发展，推荐系统由简单的信息获取转变为和用户交互的系统，需要考虑用户多兴趣和用户兴趣转变的情况，将数据挖掘应用到用户信息获取中，挖掘用户的隐性需求。

(2) 推荐算法研究。要实现被顾客接受和认可的个性化推荐，设计准确、高效率的个性化推荐算法是核心。基于内容的推荐和协同过滤是最主要的两种。为了克服各自的缺点，可以将各种推荐方法混合使用，以提高推荐精度和覆盖率。同时，信息获取和人工智能，以及模糊推荐等相关领域的引入拓宽了推荐算法的思路。

(3) 推荐系统的评价问题。要使推荐系统为广大用户所接受，必须对推荐系统作出客观综合的评价。推荐结果的准确性和可信性是非常重要的两个方面。如何对推荐结果的准确性进行判定，如何把推荐结果展示给用户以及如何获取用户对推荐结果的评价都是需要深入研究的问题。

(4) 推荐系统的应用和社会影响研究。需要建立推荐系统在其他应用领域的应用框架，研究如何与企业其它信息系统的集成。

2.2 国外研究现状

在用户模型方面，常用的用户建模技术有向量空间模型[2]、用户评价矩阵[3]，以及机器学习技术[4]。文献[5]提出使用智能代理技术来分析顾客的需求，并建立用户模型，并据此提供推荐服务。在推荐算法方面，协同过滤技术是应用最广泛的个性化推荐技术，基于用户之间的相似性，即邻居用户产生推荐结果。随着推荐系统规模的扩大，实时性研究逐渐成为热点。文献[6]使用奇异值分解技术减少特征向量空间的维数，提高最近邻居的搜索速度。文献[7]对用户最近邻居和项采用不同权重的方法来提高推荐质量。由于传统的协同过滤技术根据用户显式评分产生推荐结果，用户使用不方便，很多研究者提出可以通过 web 挖掘技术获取用户隐式评分，由此，各种数据挖掘技术也开始应用到推荐系统中。文献[8]中提出了一个利用神经网络和遗传 K-means 算法通过分析用户在电子商务网站的浏览路径来获取用户偏好的方法。各种挖掘技术如关联规则挖掘、聚类挖掘等被应用于 web 日志的分析中，以提高推荐系统的精度。

推荐系统的可移植性和信任问题得到了广泛的关注。基于 peer-to-peer 环境，通过在客户端对用户信息的控制，即使在离线时也能进行推荐，提高了推荐的准确性。还有推荐系统的实时性，算法的伸缩性，用户的信任等等融合了信息获取，数据挖掘，人机交互，自然语言处理，心理学，社会行为研究相关领域都是最近研究的热点。

推荐系统的应用方面，推荐系统是信息检索和信息过滤领域的研究热点，得到了许多著名研究机构和研究者的关注，出现了一些研究型推荐系统实例：

(1) TYPESTRY: Xerox PARC 研究中心提出的一个研究型协同过滤推荐系统，用于过滤电子邮件、推荐电子新闻。它通过自有的 TQL 语言，客户查询请求中必须明确指出与自己兴趣爱好相似的其它客户，因此只适用于客户群体比较小的场合。

(2) ACF: Active Collaborative Filtering 系统是 Carnegie—Mellon 大学开发的主动协同过滤推荐系统，ACF 系统通过指针实现协同过滤推荐服务，用于电子文档推荐。它与 TYPESTRY 系统一样只适用于用户群体较小的场合。

(3) GroupLens: 自动协同过滤推荐系统，用于新闻组信息荐。GroupLens 系统通过用

户的评分信息自动搜索用户的最近邻, 然后根据最近的评分信息产生最终的推荐结果, 适合于用户数量比较大的场合。

(4) **MovieLens: Minnesota** 大学开发的研究型自动协同过滤推荐系统, 用于推荐电影。与 **GroupLens** 不同, **MovieLens** 是一个基于 web 的推荐, 系统通过浏览器方式进行用户评分数据收集与推荐结果显示, 用户使用更方便。

(5) **Ringo**: 由 MIT 媒体实验室开发的研究型协同过滤推荐系统, 用于提供化的音乐推荐服务。**Ringo** 系统可以向用户推荐他们喜欢的音乐, 预测用户不喜欢的音乐, 也可以预测用户对特定音乐的评分。

(6) **Video Recommender: BellCore** 开发的协同过滤推荐系统, 用于电影。**Video Recommender** 系统通过电子邮件方式收集用户评分数据, 提供推荐服务。

(7) **FAB: Stanford** 大学数字图书馆项目组开发的基于内容的过滤和协同过滤符合推荐系统, 用于推荐 web 页面。其特点是综合了基于内容过滤的推荐和过滤推荐的优点, 同时支持两种类型的推荐服务[1]。

除了研究型推荐系统之外, 随着推荐系统理论和技术的成熟, 推荐系统在电子商务得到了广泛的应用。推荐系统的应用领域包括书本, CD, 电影, 新闻, 电子产品, 旅游, 金融服务和其他许多产品和服务。表 1 列出了部分采用协同过滤技术的网站[1]。

表 1 部分采用协同过滤技术的网站

系统名称	推荐产品类型	网址
CD Now.com	CD 唱片	http://www.cdnow.com
GroupLens	Usenet 新闻	http://www.grouplens.org/
MovieFinder.com	电影	http://movies.enline.com/
MovieLens	电影	http://movielens.umn.edu/
Reel.com	电影	http://www.reel.com/
Amazon.com	图书	http://www.amazon.com/
Internet Watcher	网页	http://www.internetwatcher.com/
Phoaks	网站	http://www.phoaks.com/
Yenta	寻友	http://foner.www.media.mit.edu/
Jester	笑话幽默	http://shadow.ieor.berkeley.edu/humor
Lauch	音乐	http://www.lauch.com/

2.3 国内研究现状

国内目前的研究多集中在推荐系统的理论和技术方面, 取得了丰硕的成果。针对评价数据的稀疏性, 文献[9]提出一种优化的协同过滤推荐算法, 文献[10]提出了一种基于项目评分预测的协同过滤推荐算法, 采用一种新颖的相似性度量方法计算目标用户的最近邻居。针对算法的可扩充性, 文献[11]提出基于项目聚类的协同过滤推荐算法, 显著地提高推荐系统的推荐质量。以上各类推荐技术都各有优缺点, 因此许多研究者提出结合多种过滤技术, 以克服各自的优缺点。例如文献[12]提出基于内容和合作模式的信息推荐机制, 文献[13][14]提出基于语义相似性的资源协同过滤技术。文献[15]对稀疏问题和冷启动问题做了系统研究, 文献[1]研究了基于神经网络和模糊逻辑的智能推荐系统。文献[16]将推荐系统的应用领域扩展到数字图书馆。

在应用方面, 国内在个性化推荐方面做的比较好网站有互动出版网上书店 (<http://www.china-pub.com>), 北京人大金仓信息技术有限公司的数字图书馆个性化推荐系统 Kingbase DL, 网上文章推荐 360doc 小助手 (www.360doc.com) 等等。Kingbase DL 建立了丰富的用户兴趣模型, 通过基于内容的推荐和协同推荐相结合的方式把各种数字资源主动推送给用户, 同时接受用户反馈, 并不断完善用户兴趣模型, 提高推荐精度。360doc 利用

人工智能技术对所有进入 360doc 的文章进行内容相关性判断,在高度相关的文章之间建立联系,当新文章进来,360doc 判断是否和你的收藏兴趣接近并以此判断是否推荐。

自然科学基金项目“电子商务个性化推荐系统及应用研究”项目组进行了一系列推荐系统相关的研究工作。下文将项目研究成果进行总结,从用户信息获取和建模、推荐算法研究、推荐系统的评价问题、推荐系统的应用研究四个方面系统介绍推荐系统理论、方法、应用中的关键技术以及未来研究热点。

3. 用户信息获取和建模

用户信息获取与建模是个性化推荐系统研究和应用需要解决的一个关键议题。用户信息获取已由简单的信息输入转变成与用户的交互,以便能获得更多的信息,将推荐系统由购物助手转变成辅助决策的工具。

文献[17]对用户建模领域的相关技术进行系统评述,并着重分析了用户建模过程中所面临的关键议题,指出推荐系统用户建模领域的一些发展方向。

针对信息过载问题,文献[18]提出了一种基于内容分析的信息推荐方法,该方法使用神经网络作为知识表示和推理机制来建立用户兴趣模型,然后以用户模型为基础来预测用户对信息的偏好程度,并据此做出信息推荐。在对用户建模时,应充分考虑用户短暂兴趣和兴趣容易发生变化的特征。针对现有用户兴趣建模方法在处理用户兴趣多样性和动态性特征时存在的缺点,文献[19]提出了一种基于改进型成长单元结构神经网络的用户兴趣建模方法。该方法将用户兴趣建模过程映射成一个聚类 and 类的维护过程,能够及时跟踪用户兴趣特别是短期兴趣的变化,并对模型做出及时的更新和调整,提高了用户模型对用户兴趣转移的响应能力和模型精度。

文献[20]将推荐系统的研究从传统的网络购物环境下的产品或信息推荐扩展到了在线拍卖,根据在线拍卖环境的特点,扩展了传统 VSM 模型,把单一的拍卖商品看作是一个由关键词组成的普通 Web 文档,形成了拍卖商品的 VSM 表示;在考虑三种用户行为偏好序的基础上,建立了基于向量空间模型的用户偏好表示,通过计算两者之间的相似程度进行推荐,为个性化推荐系统在 C2C 环境下的应用进行了有益的尝试。

要推进推荐系统在具体行业的应用,则应研究该行业推荐对象的特点及对个性化推荐的具体需求,建立了面向行业应用的用户偏好模型,为推荐系统在具体行业的应用和扩展奠定了基础,这也是推荐系统未来的研究方向。

4. 推荐算法研究

目前,主要的推荐算法有协同过滤推荐,基于内容的推荐技术,基于用户统计信息的推荐,基于效用的推荐,基于知识的推荐,基于关联规则的推荐,组合推荐等[21]。

文献[21]指出了目前我国 B2C 网站在推荐策略方面存在的差距和问题,评述了国内外电子商务网站常用的各种查找推荐方法,重点比较分析了我国四个典型的 B2C 电子商务网站和国外著名电子商务网站 Amazon.Com 所采用的推荐策略,分析原因并提出了相应的解决措施。

推荐模型和算法中,协同过滤是使用最广泛的。针对用户多兴趣和多项目时的个性化推荐问题,文献[22][23]通过组合基于用户的协同过滤和基于项目的协同过滤算法:

- 1、先求解目标项目的相似项目集,即计算用户 a 和任一用户 i 在项目集 SI_j 上的相似

$$w(a,i) = \frac{\sum_{k \in CSI_j(a,i)} (R_{a,k} - \bar{R}_a)(R_{i,k} - \bar{R}_i)}{\sqrt{\sum_{k \in CSI_j(a,i)} (R_{a,k} - \bar{R}_a)^2 \sum_{k \in CSI_j(a,i)} (R_{i,k} - \bar{R}_i)^2}}$$

性 $w(a,i)$

- 2、根据 $w(a,i)$ 的大小顺序排列,并确定用户 a 在项目 j 上的邻居用户 $Neighbor_{aj}$;
 加权邻居用户在项目 j 上的评价分,预测用户 a 对项目 j 的评价分 $P_{a,j}$,

$$P_{a,j} = \bar{R}_a + k \sum_{i \in Neighbor_{a,j}} W(a,i)(R_{i,j} - \bar{R}_i) \quad \text{其中,} \quad \frac{1}{k} = \sum_{i \in Neighbor_{a,j}} W(a,i)$$

- 3、根据 $P_{a,j}$ 的大小顺序排列选择推荐。在目标项目集上再采用基于用户的协同过滤算法,提高了推荐结果的可信度。

文献[24]提出基于相似项目的协同过滤和基于互信息的协同过滤推荐方法,解决了用户多兴趣情况下的推荐问题。

针对协同过滤中的数据稀疏问题,文献[25]提出了一种基于粗集的协同过滤算法。首先通过自动填补空缺评分降低数据稀疏性;然后采用分类近似质量计算用户间的相似性形成最近邻居,产生推荐预测,提高了推荐的质量。

为挖掘用户的隐性偏好,数据挖掘技术在推荐系统中也得到了广泛应用。文献[26]研究两事件序列的相似性,通过用户访问的网页就组成的序列,从中发现用户的兴趣特点,以便聚类用户,进行个性化推荐。

随着在线拍卖市场的蓬勃发展,在线拍卖中的商品成交价格推荐是个性化推荐技术在在线拍卖非常重要的应用。文献[27][28]利用机器学习及传统的统计方法,建立了在线拍卖商品的最终价格预测模型,该模型克服了拍卖过程中出价列表不断变化的问题,对拍卖商品的成交价格进行了推荐。

数据规模的扩大对算法的实时性、可移植性提出了更高的要求,此外新的算法、算法的评价以及人工智能、神经网络等交叉领域的引入都值得研究。

5. 推荐系统的评价问题

要使推荐系统为广大用户所接受,必须对推荐系统作出客观综合的评价。目前大都只是采用查准率、查全率等评判尺度对推荐算法进行评价,缺乏从个性化程度、持久性程度、系统的安全性以及用户满意度等多方面对推荐系统进行综合的评价。

文献[29]以微软公司的可用性指南作为评价指标,通过 350 名评估者对 5 家国内公司的 B2C 电子商务网站的评价,进行统计数据分析,得到的结论不单单是对网站做一个排名,而是分析出各网站的优势环节和薄弱环节,以及消费者对可用性评价指标的评价,这对研究者和网站设计者是非常重要的信息。为了构建合适的评价方法,文献[30]引入了基于妥协原理的协调分析方法,建立了基于协调分析的信息系统综合评价模型,用协调优先指标与非协调优先指标,从满意度与非满意度两个方面揭示被评价对象的性质。文献[31]将系统评价与电子商务质量管理结合起来,建立了基于 Bayesian 网络的电子商务网站质量管理模型,该模型具有客观性及动态性的特点,不仅能够进行网站质量的评价,而且可以进行质量诊断、质量持续改进。

6. 推荐系统的应用和社会影响研究

系统的应用领域不仅包括书本、CD、电影、新闻、电子产品、旅游业，还扩展到金融服务和其他许多产品和服务。为探讨个性化推荐系统在电子商务及不同行业的应用，应涉及多方面、多角度、多途径的应用推荐系统，开拓推荐系统的应用和研究背景。

在推荐结果的可信行方面，为了防止恶意推荐，文献[32][33]设计了基于多影响因素的信任计算模型，借鉴社会网络的思想，利用协同过滤技术，提出了基于推荐的信任计算模型，解决了在线信誉系统中信任计算缺乏个性化的问题，而且有效地防范了恶意推荐行为的侵害。

文献[34]探索了推荐系统在知识管理方面的应用，提出了虚拟社区中的知识服务推荐模型。根据知识服务和虚拟社区的特点，首先定义了基于热点资源的知识兴趣小组及发现算法，然后利用协同推荐机制对知识兴趣小组进行知识推荐。

文献[35]结合银行产品和银行业的自身特点，采用协同过滤算法，设计了银行产品推荐系统模型，同时给出了推荐系统与原银行系统整合的方案。该模型从客户和产品两个方面对交易明细进行数据分析，避免了协同过滤算法中早期数据冷开始问题，该系统模型最终生成的客户/产品/时间匹配矩阵，一方面可以帮助银行及时发现潜在客户，有效进行客户关系管理，另一方面也可以为银行产品迅速定位目标市场，有效支持银行市场营销活动。

文献[36]将推荐系统与客户关系管理（CRM）结合，进行从企业众多的客户中识别最有价值和最有潜力的客户，为企业推荐客户的研究课题，将个性化推荐的应用范围从商品推荐扩展到面向企业的客户推荐。

以上研究开拓了推荐系统的应用领域，为我国个性化推荐服务提供相应的解决方案，开拓其新的应用领域，为我国企业迎接未来电子商务的大发展和新一轮的竞争提供有力的武器。

7. 研究展望

推荐研究是一个新兴的研究领域，在电子商务环境下发展应用很快，已取得了很好的研究成果。但是究也存在很多问题：在用户信息收集上主要依赖用户的显式评价，自动获得用户的隐式信息方面做得不够；过分集中对协同过滤推荐方面的研究，同时对稀疏问题及冷开始问题等经典问题缺乏有效的解决方法；对推荐系统的开发与应用，尤其是与其他其他系统的集成应用研究不够；推荐技术应用集中在网上购物上，没有把推荐技术运用到其他行业等等。未来推荐系统研究应该从着眼于技术转向更多的关注用户，有以下热点和方向[37,38,39]：

(1) 推荐系统的用户交互和用户界面设计。为了更好的了解用户的需求，推荐系统应该和用户交互，挖掘用户的隐性需求。由于用户在经验和背景上存在很大差异，未来研究应考虑用户心理因素，包括如何促进推荐系统与用户的交互，使得推荐系统可以对用户的决策进行支持，如何劝导用户接受推荐结果等。

(2) 数据挖掘技术在推荐系统中的应用。各种数据挖掘技术（包括关联规则挖掘、序列模式挖掘、聚类分析、Bayesian 分类等等）在应用到用户信息收集，挖掘用户的隐形需求。

(3) 对推荐算法的进一步改进，提高推荐算法的运算性能及实时性，以使得推荐系统能产生更加精确、实时的推荐。尽管目前对协同过滤技术研究很多，但实际效果并不理想，尤其在处理稀疏和冷开始问题上缺乏真正有效的方法，同时随着 Internet 的普及，用户评价数据库不断增大，对推荐算法的性能提出更高要求，要求提高推荐算法的速度，加强推荐算法的实时性，同时提高推荐的准确性。通过新的算法的提出，以及对推荐算法的评价，相关交

叉领域如机器学习、数据挖掘和决策支持系统的引入来改善推荐算法。

(4) 推荐系统的信任研究。用户对推荐系统的不信任有两个方面：一是用户的个人信息泄露、被推荐系统滥用；二是推荐结果的准确性和恶意推荐的可能性。这些，只能结合用户行为研究、心理研究、社会信任网络等建立用户和推荐系统的关系，将推荐机理解释给用户，或者通过用户信息由用户在客户端进行控制来解决。关注于用户和推荐系统关系，涉及多领域，多学科知识，都是以后研究的方向和热点。

(5) 推荐系统的评价研究。在对推荐系统的评价方面，由于推荐系统的应用场景不一致，评价数据集和评价指标的选取也是未来研究难题。

(6) 未来研究要坚持以用户为中心的推荐研究，要从单一用户推荐的研究转向支持客户群推荐。目前的推荐系统都是支持单一用户的个性化推荐，未来推荐系统应该支持多用户推荐，包括为某用户群做出推荐、用户群之间互相推荐，主要研究问题是用户群之间、用户之间如何实现兴趣资料信息共享，推荐算法模型设计等问题。

(7) 推荐系统的应用前景和社会影响研究。为增强推荐系统的功能，未来的推荐系统应该集成企业的销售系统、客户关系管理系统、供应链系统等企业信息系统，共同为企业的产品定价、销售等提供决策支持。主要研究问题是推荐系统如何与这些系统集成，推荐系统的应用如何改变顾客购物模式，企业销售方式以及社会组织结构的变化。推荐系统和社会关系网络的结合，获取顾客对推荐结果评价并在推荐中应用，都是推荐系统未来的研究方向。

以上对推荐系统的研究进展作了全方位的论述和多视角的分析。近十年来，推荐系统在理论和应用研究方面都取得了长足的发展，但远未达到成熟的阶段，还有很多问题值得深入分析，有待进一步探讨。作为一个方兴未艾的前沿探索领域，推荐系统的应用将给购物、销售模式带来重大改变，其发展前景充满希望。

参考文献

- [1] 曹渝昆. 基于神经网络和模糊逻辑的智能推荐系统研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2006.
- [2] Balabanovic M, Shoham Y. Fab. Content-based, Collaborative Recommendation [J]. Communication of the ACM, 1997, 40 (3): 66-72.
- [3] Konstan A, Miller B, et al. GroupLens: Applying Collaborative Filtering to USENET News [J]. Communication of the ACM, 1997, 40 (3): 77-87.
- [4] Lewis D D, Yang Y, et al. RCV1: A New Benchmark Collection for Text Categorization Research [J]. Journal Machine Learning Research, 2004, 5 (12): 361-397.
- [5] Abbattista F, Degemmis, et al. Improving the Usability of an E-commerce Web Site through Personalization [A]. Proceedings of the Workshop on Recommendation and Personalization in Ecommerce, 2002.
- [6] Sarwar B, Karypis G, Konstan J, Reidl J. Item-Based Collaborative Filtering Recommendation Algorithms [A]. Proceedings of the Tenth International World Wide Web Conference (World Wide Web), 2001.
- [7] Yu K, Xu X-W, Ester M, et al. Feature Weighting and Instance Selection for Collaborative Filtering: An Information-Theoretic Approach [J]. Knowledge and Information Systems, 2003.
- [8] Kuo R J, Liao J L, Tu C. Integration of ART2 Neural Network and Genetic k-Means Algorithm for Analyzing Web Browsing Paths in Electronic Commerce [J]. Decision Support Systems, 2005, 40: 355-374.
- [9] 周军锋, 汤显, 郭景峰. 一种优化的协同过滤推荐算法 [J]. 计算机研究与发展, 2004, 41 (10): 1843-1847.
- [10] 邓爱林, 朱扬勇, 施伯乐. 基于项目评分预测的协同过滤推荐算法 [J]. 软件学报, 2003, 14 (9): 1621-1628.
- [11] 邓爱林, 左子叶, 朱扬勇. 基于项目聚类的协同过滤推荐算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2004, 25 (9): 1665-1670.
- [12] 林鸿飞, 杨志豪, 赵晶. 基于内容和合作模式的信息推荐机制 [J]. 中文信息学报, 2005, 19 (1): .
- [13] 崔林, 宋瀚涛, 陆玉昌. 基于语义相似性的资源协同过滤技术研究 [J]. 北京理工大学学报, 2005, 25 (5): 402-405.
- [14] 陈冬林, 聂规划, 刘平峰. 基于网页语义相似性的商品隐性评分算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26 (11): 98-102.
- [15] 孙小华. 协同过滤的稀疏性与冷启动问题 [D]. 浙江: 浙江大学, 2005.
- [16] 高凤荣, 马文峰, 王珊. 数字图书馆个性化信息推荐系统研究 [J]. 情报理论与实践, 2003, 26 (4): 359-362.

- [17] 吴丽花, 刘鲁. 个性化推荐用户建模技术综述 [J]. 情报学报, 2006, 25 (1): .
- [18] 吴丽花, 刘鲁. 一种基于神经网络的信息推荐方法 [J]. 计算机工程与应用, 2005, 25.
- [19] Wu L H, Liu L, et al. Modeling User Multiple Interests by an Improved GCS Approach [J]. Expert Systems with Applications, 2005, 29: 757-767.
- [20] 李雪峰, 刘鲁, 张墨. 基于向量空间模型的在线拍卖商品推荐 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2006, 25 (2): 1272-275.
- [21] 余力, 刘鲁. 电子商务个性化推荐研究综述 [J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10 (10): 1306-1308.
- [22] 余力, 刘鲁, 李雪峰. 用户多兴趣下的个性化推荐算法研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10 (12): 1610-1615.
- [23] Yu L, Liu L, Li X F. A Hybrid Collaborative Filtering Method for Multiple-interests and Multiple-content Recommendation in E-Commerce [J]. Expert Systems with Applications, 2005, 28: 67-77.
- [24] Yu L, Liu L. Collaborative Filtering Algorithm Based on Mutual Information [J]. PACIS, 2004.
- [25] 张巍, 刘鲁, 葛健. 一种基于粗集的协同过滤算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26 (11): 1971-1974.
- [26] 余力, 刘鲁. 事件序列的相似性研究 [J]. 计算机工程, 2003, 29 (15): 13-14.
- [27] Li X F, Liu L, Wu L H. Predicting the Final Price of Online Auction Items [J]. Expert Systems with Applications, 2006, 31: 542-550.
- [28] 李雪峰, 刘鲁, 吴丽花. 在线拍卖商品最终成交价格预测 [J]. 计算机工程, 2006, 32 (18): 189-191.
- [29] 常金玲, 夏国平. B2C 电子商务可用性评价 [J]. 情报学报, 2005, 24 (2): 1183-1187.
- [30] 常金玲, 夏国平. 基于协调分析的电子商务综合评价方法 [J]. 北京航空航天大学学报(社科版), 2006, 12 (8): 1-4.
- [31] 常金玲, 夏国平. 基于贝叶斯网络的电子商务网站质量管理模型 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46 (S1): 1002-1006.
- [32] 张巍, 刘鲁, 朱艳春. 基于多影响因素的网上拍卖信任模型 [J]. 清华大学学报, 2006, 46 (S1): 1103-1108.
- [33] Liu L, ZHU Y C. A Computational Trust Model for C2C Auctions [A], Proceedings of the Second IEEE International Conference on Services Systems and Services Management, 2005.
- [34] 李欣璐, 刘鲁. 基于协同过滤的银行产品推荐系统建模 [J]. 计算机与数字工程, 2007 (已录用).
- [35] Li H, Liu L. Knowledge Recommendation Services Based on Knowledge Interest Groups [A]. IEEE International Conference on Service Systems and Service Management, 2006.
- [36] Wu L H, Liu L, Li J. Evaluating Customer Lifetime Value for Customer Recommendation [A]. Proceedings of 2005 International Conference on Services Systems and Services Management, 2005.
- [37] Miller B N, Konstan J A, et al. PocketLens: Toward a Personal Recommender System [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004, 22 (3): 437-476.
- [38] Ricci F, Werthner H. Introduction to the Special Issue: Recommender Systems [J]. International Journal of Electronic Commerce, 2006, 11 (2): 5-9.
- [39] Herlocker J L, Konstan J A, et al. Evaluating Collaborative Filtering Recommender Systems [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004, 22 (1): 5-53.

Review and Perspective of the Recommender Systems

Lu Liu¹, Xiaoli Ren¹

1 School of Economics & Management Beihang University, Beijing, PRC, (100083)

Abstract

Recommender systems are among the most typical outcomes of the Internet, Web, and e-commerce revolution. This paper reviews recent research on the theories, methods, techniques, and applications of personalized recommender systems. Some critical techniques related are discussed including data collection and modeling, recommendation algorithms, recommender systems evaluation, applications, and social consequences. Furthermore, the framework is established for the recommender systems' application in the industries such as banking and insurance, knowledge management and custom relationship management. In the end of this paper the authors present their perspectives on the future and challenges in recommender system studies.

Keywords: *recommender system, collaborative filtering, E-commerce, on-line auction*

作者简介:

任晓丽, 女, 1983 年生, 博士研究生, 主要研究方向是知识管理、电子商务。

刘鲁, 女, 1947 年生, 博士生导师, 北京航空航天大学经济管理学院教授, 主要从事信息系统领域的研究。