

推荐系统研究进展及展望^{*}

刘鲁, 任晓丽

(北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100083)

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。本文在建立了推荐系统的研究内容框架的基础上, 从用户信息收集和用户建模、个性化推荐算法、推荐系统的评价及推荐系统的应用等四个方面对推荐系统的现有研究成果进行了系统的评述, 并指出了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

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, 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, 国内外许多学者研究推荐系统, 美国计算机协会(ACM)多次把推荐系统作为研讨主题^[1], 众多国内外期刊也纷纷将推荐系统作为研究专题^[2]。在我国, 学术界也开始逐渐重视推荐系统的研究。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”等项目, 而且电子商务网站中推荐系统的应用水平也有了不同程度的提高。

本文既是对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”的研究成果的总结, 也是对未来推荐系统研究的展望。

文章的结构安排如下: 第二部分分析了推荐系统的研究内容; 第三、四、五、六部分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和推荐系统的应用四个方面系统介绍推荐系统的理论、方法和应用中的关键技术; 最后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

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。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^[3]。

传统的推荐系统定义为, 推荐系统获得用户个人兴趣, 根据推荐算法, 对用户进行产品推荐^[3]。然而, 本文认为, 推荐系统的作用还不仅仅局限于单向的信息传递, 而是可以同时实现面向终端客户和面向企业的双向信息传递。也就是说, 推荐系统可以根据企业的需求, 从企业众多的客户中识别最有价值和最有潜力的客户, 向企业推荐客户^[4], 如图 1。这就从根本上确立了推荐系统的研究范围, 是

* 通信作者: 刘鲁, 北京航空航天大学经济管理学院, 教授, 博士生导师, e-mail: liulu@buaa.edu.cn.

传统的推荐系统研究的拓展。

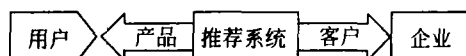


图1 推荐系统的双向推荐

一般来说,推荐系统的研究主要涉及四个方面的问题^[5]。第一,要解决推荐系统的信息来源问题。推荐系统的基础是用户兴趣资料信息,如何尽可能获得更多用户的相关信息,并以合适的形式表示是进行个性化推荐的前提;第二,要使推荐结果被顾客接受和认可,核心问题是设计准确、高效率的个性化推荐算法;第三,要让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,尤其要从准确率、个性化、安全性、用户满意度等多方面进行评价;第四,推荐系统的应用是最终研究的落脚点,推荐系统不仅能为用户提供个性化购物环境,更应为企业的销售决策和客户关系管理提供支持。

根据上述总目标,按照系统论的观点,将推荐系统分为四个组成部分:输入、处理、输出与反馈,相应地,推荐系统的研究主要包括以下四个方面^[6],见图2。

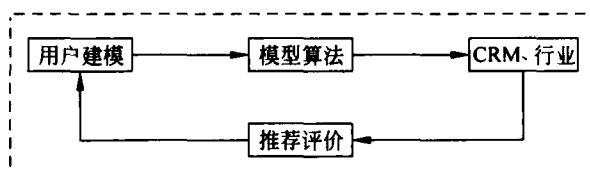


图2 推荐系统的研究内容

(1) 用户信息获取和建模^[7]。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,推荐系统已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^[8,9]。要使推荐结果被顾客接受和认可,核心问题是设计准确、高效率的个性化推荐算法。最主要的算法是基于内容的推荐和协同过滤算法。为了克服已有算法的缺点,可以将各种推荐方法结合使用,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^[9,10]。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,如何获取用户对推荐结果的评价等都是需要深入研究的问题。

(4) 推荐系统的应用研究^[11]。需要建立推荐系统在其他应用领域的应用框架,研究如何与企业其他信息系统等的集成。

国家自然科学基金项目“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工作。下文将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与推荐系统的应用研究四个方面对项目的研究成果进行总结,并探讨未来研究的热点。

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问题。用户信息获取已由简单的信息输入转变成与用户的交互,以便能获得更多用户信息,将推荐系统由购物助手转变成辅

助决策的工具^[12]。

用户建模主要从数据收集、模型表示、学习和更新四个方面对推荐系统用户进行建模。数据收集为模型的学习和更新提供了必需的数据源,它收集的数据的数量和质量影响着模型学习和更新过程的效率和效果。模型的表示为用户兴趣知识的表达提供了一种格式化方案,知识的格式化伴随模型学习过程的完成而完成,模型建立后,对模型的不断维护和更新使得用户的最新兴趣能够被不断跟踪,从而提高了推荐系统的有效性和实用性^[13]。

在用户模型表示方面,吴丽花等提出了一种基于内容分析的信息推荐方法^[14],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,并据此作出信息推荐。在对用户建模时,充分考虑用户兴趣的短暂性和易变性的特征。同时,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,吴丽花等又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^[15]。该方法将用户兴趣建模过程映射成一个聚类和类的维护过程,能够及时跟踪用户兴趣特别是短期兴趣的变化,并对模型作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。

随着在线拍卖的蓬勃发展,李雪峰等将用户建模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^[16]。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。

目前,用户建模技术已发展得比较完备,但随着推荐系统实际应用领域的不断扩大,推荐系统对用户建模技术的可扩展性、实时性、增量性等方面提出了更高的要求。同时,新的需求不断涌现,为推荐系统用户建模的研究提供了新的方向,如不同应用背景下的用户建模研究、面向群体用户的建模研究和用户建模过程可视化技术研究等。

4 推荐算法研究

推荐方法是推荐系统的核心部分,研究内容如下^[17,18]:

(1) 研究、分析和比较不同推荐方法的特征与适用范围,以及如何在推荐系统中综合运用这些方法。包括个性化推荐和非个性化推荐、基于用户统计信息的推荐、基于内容的推荐、基于效用的推荐、基于知识的推荐和基于规则的推荐、组合推荐等^[19]。

(2) 研究基于用户模糊需求和兴趣变化的个性化推荐技术^[20]。研究如何把用户潜在的需求转化为现实的需求并进行个性化推荐,研究如何识别用户的潜在需求,并用合适的方式表达这种潜在的需求,选择并综合应用上述的推荐技术,获得用户满意的输出;研究如何识别用户兴趣的改变,如何改进协同推荐算法以适应新的问题背景,针对用户兴趣的改变作出个性化推荐。

(3) 研究解决协同推荐中冷开始问题的新方法^[21]。从管理心理学和经济学角度,以激励理论和效用函数为基础建立用户项目评价受益模型,解决冷开始问题。

(4) 协同推荐中稀疏问题的研究^[22]。

目前,我国 B2C 网站与国外网站在推荐策略的应用方面存在着不少差距,余力等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 采用的推荐策略,分析原因并提出了相应的解决措施^[19]。

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,

通过组合基于用户和基于项目的协同过滤算法^[23],提高了推荐结果准确性,具体算法如下。

(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 上的相似性 $w(a, i)$

$$w(a, i) = \frac{\sum_{k \in CSI_j(a, i)} (R_{a,k} - \bar{R}_a)(R_{i,k} - \bar{R}_i)}{\sqrt{\sum_{k \in CSI_j(a, i)} (R_{a,k} - \bar{R}_a)^2 \sum_{k \in CSI_j(a, i)} (R_{i,k} - \bar{R}_i)^2}} \quad (1)$$

其中 $R_{a,k}$ 为第 a 个用户对第 k 个项目的评分分; $R_{i,k}$ 为第 i 个用户对第 k 个项目的评分分; \bar{R}_a, \bar{R}_i 分别为用户 a 和用户 i 对所有项目的平均评分分; $CSI_j(a, i)$ 为用户 a 和用户 i 在项目集 SI_j 中都有评分分的项目子集。

(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 $Neighbor_{a,j}$;

加权邻居用户在项目 j 上的评分分,预测用户 a 对项目 j 的评分分 $P_{a,j}$

$$P_{a,j} = \bar{R}_a + k \sum_{i \in Neighbor_{a,j}} W(a, i)(R_{i,j} - \bar{R}_i) \quad (2)$$

其中, $\frac{1}{k} = \sum_{i \in Neighbor_{a,j}} W(a, i)$

(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。

为解决在用户多兴趣情况下的推荐问题,余力等提出基于相似项目和基于互信息组合的协同过滤推荐方法^[24]。

针对协同过滤中的数据稀疏问题,张巍等提出了一种基于粗集的协同过滤算法^[25]。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。余力等研究两事件序列的相似性^[26],通过用户访问的网页组成的序列,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中非常重要的应用。李雪峰等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^[27,28],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、可移植性等提出了更高的要求。此外,人工智能、神经网络等交叉领域的引入都值得研究^[29]。

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和综合的评价。研究内容包括:

- (1) 推荐结果的可信性研究^[30];
- (2) 推荐系统的个性化指标研究,如何测度推荐的个性化程度是推荐系统评价的重要内容;
- (3) 推荐系统的接受程度指标研究,用实验调查的方法研究用户对推荐系统满意程度的测定,鉴别影响推荐系统效果的关键因素^[31];
- (4) 推荐系统的评价方法研究,如何针对不同推荐系统的特点选择合适的评价方法;
- (5) 推荐系统的综合评价指标体系的研究,包括指标及权重的确定。

推荐结果的可信性制约着推荐系统的应用和发展。为了防止恶意推荐,刘鲁、张巍等设计了基于多影响因素的信任计算模型^[32,33],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,而且有效防范了恶意推荐行为的侵害。

在评价指标方面,常金玲等以微软公司的可用性指南作为评价指标^[34],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,得到的结论不仅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,以上研究结果有助于网站设计者对网站进行质量改进。

在评价方法方面,为了构建合适的评价方法,常金玲等又引入了基于妥协原理的协调分析方法^[35],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。进一步,常金玲等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^[31],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。

由于推荐系统的任务和背景各不相同,而且,不同算法在不同数据集上表现差异也很大,推荐系统的评价存在着很大的挑战。因此,推荐系统的评价方法和指标应该多样化、综合化,除了推荐结果的准确性和全面性之外,推荐结果的偏离度、用户的满意度、系统安全性等也应被考虑。在未来研究中,不同算法在不同数据集上的稳定性问题,如何设计综合的评价指标,如何把推荐结果展示给用户,如何获取用户对推荐结果的评价等都是推荐系统评价的研究方向^[9,36]。

6 推荐系统的应用研究

推荐系统具有广泛的应用前景,其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^[1,5]。由于推荐系统在实际应用背景上存在很大差异,应用研究应结合具体行业、产品、用户和系统的特征而展开。研究内容包括^[6,37,38]:

(1) 个性化推荐系统与其他商务系统相集成的接口方法。研究电子商务推荐系统与企业营销系统以及客户关系管理系统等的集成框架、方法与接口,研究电子商务推荐系统在客户关系管理中的应用。

(2) 探索推荐系统在银行、保险、电信等行业的应用。研究银行、保险、电信等不同行业推荐对象的特点,以及对个性化推荐的具体需求,结合不同行业的特点和需求,建立起电子商务推荐系统的应用框架。

(3) 扩展推荐系统的应用对象和应用范围,如面向群体的推荐等^[39]。

为了将推荐系统与客户关系管理(CRM)结合,吴丽花等研究了如何从企业众多的客户中识别最有价值和最有潜力的客户,并为企业推荐客户,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^[4]。

推荐系统在知识管理的应用方面,李红等提出了虚拟社区中的知识服务推荐模型^[40]。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。

结合银行产品和银行业的自身特点,李欣璐等采用协同过滤算法,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^[41]。该模型从客户和产品两个方面对交易明细进行分析,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。

7 研究展望

推荐系统是一个新兴的研究领域,在电子商务环境下得到了迅速的发展,已取得了很好的研究成果。但也存在很多问题:如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^[17];对推荐系统的开发与应用,尤其是与其他系统的集成应用研究不够;推荐技术应用集中于网上购物,将推荐系统运用到其他行业还有待于拓展等等。未来推荐系统的研究应该更多地关注用户,有以下热点和方向^[2,42,43]:

(1) 推荐系统的用户交互和用户界面设计^[44]。为了更好地了解用户的需求,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,未来研究应更多考虑用户心理因素,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^[45]。

(2) 数据挖掘技术在推荐系统中的应用^[29]。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)如何应用到用户信息收集中,挖掘用户的隐性需求。

(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和实时的推荐^[46]。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) 推荐系统中的信任问题研究^[30]。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。这些问题只能结合用户行为研究、心理研究、社会信任网络等的理论和成果来建立用户和推荐系统的关系,将推荐机理解释给用户,或者由用户在客户端对用户信息进行控制来解决^[47]。用户与推荐系统的关系涉及多领域、多学科的知识和方法,是未来研究的热点。

(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的难题。

(6) 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用户群推荐^[48]。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,包括为某用户群作出推荐、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^[49]。推荐系统在教育领域方面还存在着很大的研究拓展空间。从推荐的对象看,可以是物质产品、数字产品,也可以是信息或知识;从应用的领域看,可以是企业,也可以是科研机构 and 政府部门。

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、客户关系管理系统和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,推荐系统的应用对顾客购物模式、企业营销方式以及社会组织结构变化的影响。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之一。

近十几年来,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。作为一个方兴未艾的前沿探索领域,推荐系统的应用将给销售模式和客户关系管理带来重大改变,其发展前景充满了挑战与机遇。

参考文献

- [1] Riedl J, Dourish P. Introduction to the Special Section on Recommender Systems. [J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2005, 12: 371-373.
- [2] Ricci F, Werthner H. Introduction to the special issue: Recommender systems. [J]. International Journal of Electronic Commerce, 2006, 1(2): 5-9.
- [3] Resnick P, Varian HR. Recommender systems. [J]. Communications of the ACM, 1997, 40(3): 56-58.
- [4] Wu L, Liu L, Li J. Evaluating customer lifetime value for customer recommendation. [C]//Proceedings of 2005 International Conference on Services Systems and Services Management, 2005.
- [5] Schafer JB, Konstan J, Riedl J. Recommender systems in e-commerce. [C]//Proceedings of the 1st ACM conference on Electronic commerce, 1999: 158-166.
- [6] Adomavicius G, Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2005, 17(6): 734-749.
- [7] Berkovsky S. Ubiquitous user modeling in recommender systems. [C]//User Modeling 2005, Proceedings, 2005: 496-498.
- [8] Burke R. Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments. [J]. User Modeling and User-Adapted Interaction, 2002, 12(4): 331-370.
- [9] Herlocker JL, Konstan JA, Terveen LG, Riedl JT. Evaluating collaborative filtering recommender systems. [J]. ACM Transactions on Information Systems (TOIS), 2004, 22(1): 5-53.
- [10] Herlocker JL, Konstan JA, Riedl J. Explaining collaborative filtering recommendations. [C]//Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer-Supported Cooperative Work, 2000: 241-250.
- [11] Mcsherry D. Explanation in recommender systems. [J]. Artificial Intelligence Review, 2005, 24(2): 179-197.
- [12] Girardi R, Marinho LB. A domain model of Web recommender systems based on usage mining and collaborative filtering. Requirements Engineering, [J]. 2007, 12(1): 23-40.
- [13] 吴丽花, 刘鲁. 个性化推荐系统用户建模技术综述. [J]. 情报学报, 2006, 25(001): 55-62.
- [14] 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, 41(25): 13-15.
- [15] Lihua W, Lu L, Jing L, Zongyong L. Modeling user multiple interests by an improved GCS approach. [J]. Expert Systems With Applications, 2005, 29(4): 757-767.
- [16] 李雪峰, 刘鲁, 张璽. 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(002): 272-275.
- [17] Konstan JA. Introduction to Recommender Systems: Algorithms and evaluation. [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004, 22(1): 1-4.
- [18] Perugini S, Goncalves MA, Fox EA. Recommender systems research: A connection-centric survey. [J]. Journal of Intelligent Information Systems, 2004, 23(2): 107-143.
- [19] 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(010): 1306-1313.
- [20] Uchyigit G, Ma MY. Personalization techniques and recommender systems. [J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2007, 21(2): 179-181.
- [21] Palau J, Montaner M, Lopez B, de la Rosa JL. Collaboration analysis in recommender systems using social networks. [C]//Cooperative Information Agents VIII, Proceedings, 2004, 3191: 137-151.

- [22] Demiriz A. Enhancing product recommender systems on sparse binary data. [J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 2004, 9(2): 147-170.
- [23] Li Y., Lu L., Xuefeng L. A hybrid collaborative filtering method for multiple-interests and multiple-content recommendation in E-Commerce. [J]. Expert Systems With Applications, 2005, 28(1): 67-77.
- [24] Yu L., Liu L. Collaborative Filtering Algorithm Based on Mutual Information. [C]//PACIS, 2004.
- [25] 张巍, 刘鲁, 葛健. 一种基于粗糙集的协同过滤算法. [J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(11).
- [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] 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.
- [28] Xuefeng L., Lu L., Lihua W., Zhao Z. Predicting the final prices of online auction items. [J]. Expert Systems With Applications, 2006, 31(3): 542-550.
- [29] Min SH, Han I. Dynamic fuzzy clustering for recommender systems. [C]//Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, Proceedings, 2005: 480-485.
- [30] Lam SK, Frankowski D, Riedl J. Do you trust your recommendations? An exploration of security and privacy issues in recommender systems. [C]//Emerging Trends in Information and Communication Security, Proceedings, 2006: 14-29.
- [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(自然科学版), 2006, 46(z1): 1103-1108.
- [33] Zhang W., Liu L., Zhu Y. A computational trust model for C2C auctions. [C]//Proceedings of the Second IEEE International Conference on Services Systems and Services Management, 2005.
- [34] 常金玲, 夏国平. B2C 电子商务网站可用性评价. [J]. 情报学报, 2005, 24(2): 237-242.
- [35] 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(社会科学版), 2006, 12(8): 1-4.
- [36] McGinty L., Smyth B. Evaluating preference-based feedback in recommender systems. [C]//Artificial Intelligence and Cognitive Science, Proceedings, 2002: 209-214.
- [37] McGinty L., Smyth B. On the role of diversity in conversational recommender systems. [C]//Case-Based Reasoning Research and Development, Proceedings, 2003: 276-290.
- [38] Wei YZ, Moreau L, Jennings NR. A market-based approach to recommender systems. [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2005, 23(3): 227-266.
- [39] Masthoff J. The pursuit of satisfaction: Affective state in group recommender systems. [C]//User Modeling 2005, Proceedings, 2005: 297-306.
- [40] Li H, Liu L, Lv C. Knowledge Recommendation Services Based on Knowledge Interest Groups. [C]//IEEE International Conference on Service Systems and Service Management, 2006.
- [41] 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, (35): 6-8.
- [42] Miller BN, Konstan JA, Riedl J. PocketLens: Toward a Personal Recommender System. [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2004, 22(3): 437-476.
- [43] Chen LS, Hsu FH, Chen MC, Hsu YC. Developing recommender systems with the consideration of product profitability for sellers. [J]. Information Sciences, 2008 Feb 15, 178(4): 1032-1048.
- [44] Baraglia R, Silvestri F. Dynamic personalization of web sites without user intervention. [J]. Communications of the ACM, 2007, 50(2): 63-67.
- [45] Min SH, Han I. Detection of the customer time-variant pattern for improving recommender systems. [J]. Expert Systems with Applications, 2005, 28(2): 189-199.
- [46] Kunaver M, Pozrl T, Pogacnik M, Tasic J. Optimisation of combined collaborative recommender systems. [J]. Aeu-International Journal of Electronics and Communications, 2007, 61(7): 433-443.
- [47] Sinha R, Swearingen K. The role of transparency in recommender systems. [C]//Conference on Human Factors

- in Computing Systems, 2002; 830-831.
- [48] Tintarev N, Masthoff J. Effective explanations of recommendations: user-centered design. [C]//Proceedings of the 2007 ACM conference on Recommender Systems, 2007; 153-156.
- [49] Mirzadeh N, Ricci F. Cooperative query rewriting for decision making support and recommender systems. [J]. Applied Artificial Intelligence, 2007, 21(10): 895-932.

Review and Perspective of the Recommender Systems

LIU Lu & REN Xiaoli

(School of Economics & Management, BeiHang University, Beijing 100083)

Abstract Recommender systems are among the most typical outcomes of the Internet and E-commerce. In this paper, the authors point out research contents of recommender systems. Then, some critical techniques related are discussed from the following four aspects: data collection and modeling, recommendation algorithms, recommender systems evaluation and recommender systems applications. In the end, the authors present their perspectives on the future and challenges in recommender system studies.

Key words Recommender systems, Collaborative filtering, E-commerce, On-line auction