

# 一种考虑用户评分标准不一致性的在线商品评价方法

陈颖<sup>1</sup>, 付晓东<sup>1,2</sup>, 岳昆<sup>3</sup>, 刘骊<sup>1,2</sup>, 刘利军<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 昆明 650500)

<sup>2</sup>(云南省计算机技术应用重点实验室, 昆明 650500)

<sup>3</sup>(云南大学信息学院, 昆明 650091)

E-mail: xiaodong\_fu@hotmail.com

**摘要:** 用户评分标准不一致导致不同用户对同一商品评分不可比较. 为在不同用户对同一商品评分不可比较时提高在线商品评价的客观性, 提出了一种考虑用户评分标准不一致性的在线商品评价方法. 首先基于用户之间的相似性对不完全评分数据进行填充; 然后根据填充得到的用户-商品评分矩阵计算用户对在线商品的偏好关系; 最后基于群决策理论中的 Schulze 社会选择函数, 通过构建加权有向图并计算最强路径得到商品评价. 评价结果反映群体的偏好, 从而使得消费者可以参考该评价结果做出正确的购买决策. 同时, 方法基于在线商品两两比较的评价方式, 提高了操纵商品评价结果的复杂性. 通过理论分析和实验验证了该商品评价方法的合理性和有效性.

**关键词:** 群决策理论; 在线商品; 偏好关系; 社会选择函数; 购买决策

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-1220(2017)06-1317-06

## An Online Products Evaluation Method Considering the Inconsistency of User Rating Criteria

CHEN Ying<sup>1</sup>, FU Xiao-dong<sup>1,2</sup>, YUE Kun<sup>3</sup>, LIU Li<sup>1,2</sup>, LIU Li-jun<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

<sup>2</sup>(Yunnan Provincial Key Laboratory of Computer Application, Kunming 650500, China)

<sup>3</sup>(School of Information Science and Engineering, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** Due to the inconsistent rating criteria, the ratings given by different users to one product are actually incomparable. To improve the objectivity of online products evaluation under the circumstance referred above, an online products evaluation method based on Schulze social choice function was proposed. Firstly, the incomplete ratings were filled up based on the similarity between user's behaviors; secondly, the preference relation of user to products was count according to complete user-product ratings matrix; finally, the products evaluation was gotten by constructing a weighted directed graph and counting the strongest path based on Schulze social choice function in group decision theory. The evaluation results could reflect the group's preferences, so that consumers can make the right shopping decision. At the same time, the proposed method improved the complexity of manipulating the products evaluation results through the evaluation model of pairwise comparison. The theoretical analysis and experiment validate rationality and availability of the products evaluation method.

**Key words:** decision-making theory; online products; preference relation; social choice function; shopping decision

### 1 引言

随着电子市场和电子商务的迅速发展, 在线商品在电子商务领域迅速普及并得到广泛应用. 然而, 用户选择在线商品面临多方面的困难<sup>[1,2]</sup>: 首先, 在线商品数量庞大, 使用户需要花费大量时间浏览网站以比较每种商品的优劣; 第二, 由于网络的虚拟性使用户不能对在线商品有直接的了解和接触; 第三, 商家为了提高自身的信誉, 可能向用户提供不真实的产品信息. 这些问题使用户需要借助以第三方评价为基础形成的排名方法来衡量在线商品的性能<sup>[3]</sup>. 目前, 大部分购物网站提供了多种商品排名方法, 例如销量排名、信用排名、价格

排名等. 用户也可以根据商家信誉度从高到低进行排序来选择商品, 信誉是对在线商品性能的综合度量. 无论是排名还是信誉计算都是一种基于商品性能对在线商品进行评价的方法, 因此一个客观的在线商品评价方法可以有效地抵制交易欺诈并辅助用户做出正确的购买决策.

目前在线电子商务评价方法主要有累加法、平均法、概率法、模糊法、流程法等<sup>[4,5]</sup>. 这些方法进行在线商品评价时假设用户具有相同的主观偏好和评价准则<sup>[6]</sup>. 然而由于不同的消费心理和消费背景, 使有的用户偏向给予商品整体较高的评分, 而有的用户偏向给予商品整体较低的评分<sup>[7,8]</sup>, 这就导致不同用户对同一商品的评分事实上不可比较. 这样, 即使性

收稿日期: 2016-04-05 收修改稿日期: 2016-06-06 基金项目: 国家自然科学基金项目(61462056, 61472345, 81560296, 61462051)资助; 云南省应用基础研究计划项目(2014FA028)资助. 作者简介: 陈颖, 女, 1993年生, 硕士研究生, 研究方向为服务计算、决策理论与方法; 付晓东(通信作者), 男, 1975年生, 博士, 教授, CCF高级会员, 研究方向为服务计算、决策理论与方法; 岳昆, 男, 1979年生, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为不确定数据管理与大数据服务; 刘骊, 女, 1979年生, 博士, 副教授, 研究方向为服务计算与智能家居; 刘利军, 男, 1984年生, 硕士, 讲师, 研究方向为医疗信息服务.

能相同的商品也会得到不同的评分,而现有方法会使这些性能相同的商品得到不同的评价结果;反之,性能不同的商品也有可能得到相同的评分,现有方法会使性能不同的商品得到相同的评价结果.因此,利用现有在线商品评价方法得到的评价结果不可比较,不能客观反应商品的性能.只有充分考虑用户对不同商品评分之间的关系才可能建立评价结果可比较的评价机制.此外,现有方法只需多次对一种商品给予高分(或低分),就可以达到操纵商品的目的,防操纵能力较弱.

为解决上述问题,提出了一种基于 Schulze 社会选择函数的在线商品评价方法,利用社会选择理论作为基础,在不需要假定用户评分标准一致的情况下有效地解决了不同用户对同一商品评分不可比较的问题.

2 相关工作

关于在线商品评价的研究有很多,文献[9]将这一领域的研究分为两大类:一类是基于商品属性的在线商品评价方法,例如:价格、销量、信誉、评分等等.文献[10,11]将商品的价格、评论、交货时间、卖家信誉和商品质量等属性结合在一起对商品进行排序.文献[12]中提出了一种包含具有吸引力、有效性、商品图片、网站信息等有效因素的框架综合评价在线商品.文献[13-15]是基于商品特征,使用文本分析技术从大量评论信息中抽取主要商品特征信息排序商品. EBay<sup>1</sup> 网站使用求和法,将用户反馈的评分信息进行求和运算计算信誉值,用户根据信誉值对商品做出判断. Amazon<sup>2</sup> 网站则使用了平均法,将用户反馈的评分信息进行平均值运算计算信誉值.上述研究在进行商品评价时都假设所有用户对在线商品具有一致的偏好,他们能按照一致的标准对商品客观地进行评价<sup>[1,7]</sup>.然而,在开放和动态的网络环境中,由于消费背景、消费心理、消费爱好等因素的影响,用户对在线商品的偏好不可能完全一致,甚至可能出现矛盾和冲突<sup>[16]</sup>.因此,以上研究提出的商品评价方法涉及到的用户反馈信息事实上是不可比较的.另一类是个性化的评价方法.文献[17]基于用户的偏好和不同网站对商品的描述信息进行评价.文献[18]从经济学的角度提出了一种“效用维持”的评价策略,并且考虑到了消费者偏好的多重性和不同的消费人群.文献[19]将评分的不确定性和预测的可信性考虑在内评估消费者信息搜寻的效益.上述研究虽然注意到用户对在线商品偏好不同的问题,但忽视了用户偏好不一致而导致的用户对在线商品评分不可比较性的问题<sup>[16]</sup>.

考虑到以上研究中存在的不足,本文以用户评分标准不一致情况下用户对商品的评分为基础,建立用户对商品的偏好关系矩阵,分析个人偏好和集体选择之间的关系,提出用社会选择理论来解决用户评分标准不一致的问题.最后,本文通过理论分析与实验验证了该方法的合理性和有效性.

3 问题描述

3.1 问题定义

为了研究用户评分标准不一致的在线商品评价问题,本文对在线商品评价问题定义如下:

定义 1. 用户集合为  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ , 商品集合为  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ . 其中,  $m$  为用户的个数,  $n$  为商品的个数.

定义 2. 用户-商品评分矩阵为  $R = [r_{ik}] m \times n$ ,  $r_{ik}$  表示第  $i$  个用户对第  $k$  个商品的评分,  $r_{ik} = 0$  则表示第  $i$  个用户未对第  $k$  个商品评分.

定义 3. 商品的整体排序  $O = \{o_k | k = 1, 2, \dots, n\}$ ,  $o_k$  表示第  $k$  个商品的评价值. 如  $o_k < o_l$  表示第  $l$  个商品在所有商品中的排序优于第  $k$  个商品.

显然,一种有效的在线商品评价方法应当满足以下准则:  
1) 孔多塞性:如果有一半以上的用户认为商品  $c_k$  优于其他所有商品,则商品  $c_k$  的排序应优于其他所有商品. 2) 单调性:如果有商品排序  $o_k > o_l$ , 那么提高用户对商品  $c_k$  的评分,则结果仍是  $c_k > c_l$ . 3) 非独裁性:如果只有一个人认为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$ , 而其他多于一个人认为商品  $c_l$  优于商品  $c_k$ , 则商品排序结果一定不可能是  $c_k > c_l$ . 4) 操纵复杂性:如果有商品排序  $c_k > c_l$ , 那么增加给予商品  $c_l$  高分未给予商品  $c_k$  评分的用户,则结果仍是  $c_k > c_l$ . 5) 多数准则:如果认为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$  的人数多于认为商品  $c_l$  优于商品  $c_k$  的人数,则结果为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$ .

3.2 举例说明

例 1:假设有 5 个用户 ( $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5$ ) 共同对 4 个商品 ( $c_1, c_2, c_3, c_4$ ) 进行过评分,评分矩阵  $R = [r_{ik}]_{5 \times 4}$  如表 1 所示. 其中用户-商品评分表示用户对商品表现的满意程度,采用电子商务评价机制中常用的 5 个星级,1-5 级分别表示很不满意、不满意、一般、满意和很满意.空白的单元格表示该用户未对该商品进行评价.

表 1 用户-商品评分矩阵表  
Table 1 Ratings matrix of user-product

$r_{ik}$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
$u_1$	5	3	4	4
$u_2$	1	2	5	
$u_3$	3	5	2	4
$u_4$	4	2	3	1
$u_5$	2	1		1

利用 EBay 网站使用的求和法(简称 SUM)和 Amazon 网站使用的平均法(简称 AVG)得到商品评价结果如表 2 所示.

表 2 评价结果表  
Table2 Result of evaluation

	$o_1$	$o_2$	$o_3$	$o_4$	商品排序
SUM	0	-2	1	0	$c_3 > c_1 \sim c_4 > c_2$
AVG	3	2.6	3.5	2.5	$c_3 > c_1 > c_2 > c_4$

从表 1 中,可以看到有一半用户认为商品  $c_1$  优于其他商品,并且只有一个用户认为商品  $c_3$  优于商品  $c_1$ ,根据孔多塞准则,商品  $c_1$  优于商品  $c_3$ . 由表 2 可知 SUM 和 AVG 方法违背了孔多塞准则,同时违背了社会选择理论中的非独裁性准

<sup>1</sup> <http://www.ebay.com/>  
<sup>2</sup> <http://www.amazon.cn/>

则,不能准确的反映出大众的喜好.此外,如果增加一个用户对商品  $c_l$  给予 5 分的高分, SUM 和 AVG 方法得到的结果是商品  $c_l$  优于商品  $c_3$ ,改变了原有的排序结果,防操纵能力较弱.因此,本文提出了一种基于 Schulze 社会选择函数的评价方法,满足社会选择理论中的多种准则且提高了操纵商品评价结果的复杂性.

4 基于 Schulze 社会选择函数的在线商品评价

由于用户主观偏好不同和评分标准的不一致,使不同用户对同一商品的评分不可比较.用户对商品的评分是一种个人效用,是不可以计量并加总求和的,所以作为集结不同用户评分得到的评价信息不可能具有基数性.为此,在不考虑基数效用情况下,我们需要得到同一用户对不同商品的序数偏好关系.这就需要改变目前电子商务中的评价系统,使用户每次交易完成之后,对以前购买过的商品进行一个优劣排序而不是简单的打分.然而,要改变目前电子商务中的评价系统付出代价太大,并且对用户来说,要求用户表达对所有商品的完整偏好必然导致成本、认知、通信以及隐私等方面的问题,用户不能也不愿意提供完整的偏好信息.

基于以上分析,本文将同一用户对不同商品的评分转换成用户对商品的偏好关系,然后集结用户的偏好,得到商品两两成对比较的用户偏好数量,这样就解决了由于用户评分准则不一致而导致的不同用户对同一商品的评分不可较的问题.最后用 Schulze 社会选择函数根据用户偏好数量实现在线商品评价排序列表. Schulze 社会选择函数是 Markus Schulze 提出的投票算法.该方法能够利用用户有偏好的投票产生胜者列表.并且被广泛应用于 Pirate Party of Sweden、Debian、Wikimedia、Gentoo 等项目的投票选举中<sup>[20]</sup>.

4.1 用户偏好获取

由于在线商品数量庞大,而用户共同评分过的商品数量过少,所以用户对商品的评分矩阵一般是不完整的,而本文方法是基于商品两两比较,因此需要对评分矩阵进行填充.目前,协同过滤推荐方法被广泛使用,并且该方法是寻找与自己评价指标最相似的用户进行推荐<sup>[21]</sup>.因此,本文使用协同过滤推荐方法填充矩阵.

基于完整的用户-商品评分矩阵,计算得到用户对所有商品的偏好关系,并建立每一个用户对商品的偏好关系矩阵  $LM_i = [lm_{kl}]_{n \times n} (k, l = 1, 2, \dots, n; k \neq l)$ , 其中  $lm_{kl} = 1$  表示用户  $u_i$  认为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$ ;  $lm_{kl} = 0$  表示用户  $u_i$  认为商品  $c_k$  和商品  $c_l$  没有差别;  $lm_{kl} = -1$  表示用户  $u_i$  认为商品  $c_l$  优于商品  $c_k$ , 即:

$$lm_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } r_{ik} > r_{il} \\ 0, & \text{如果 } r_{ik} = r_{il} \\ -1, & \text{如果 } r_{ik} < r_{il} \end{cases} \quad (1)$$

根据每一个用户的偏好矩阵  $LM_i$  统计  $m$  个用户中  $lm_{kl} = 1$  的人数,并将其表达为商品-商品比较矩阵  $CM = [cm_{kl}]_{n \times n} (k, l = 1, 2, \dots, n; k \neq l)$ , 其中  $cm_{kl}$  为认为第  $k$  个商品优于第  $l$  个商品的用户数量. 即:

$$cm_{kl} = \sum_{i=1}^m lm_{kl} \quad (2)$$

4.2 商品评价排序

为了清楚地阐述本文商品评价的方法,首先引进两个定义. 本文商品评价方法的核心思想是获取商品  $c_k$  到  $c_l$  的最强路径. 而这里的路径强度指的是用户对商品  $c_k$  和商品  $c_l$  的偏好程度. 所以我们用商品集的序列  $\{c(1), c(2), \dots, c(t)\} \subseteq C$  表示一个从商品  $c_k$  到  $c_l$  的路径,用加权有向图来表示不同商品之间的路径关系,权重为用户的偏好度.

定义 4. 用  $G = \langle V, E \rangle$  表示一个加权有向图. 其中  $V = C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ , 而  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_p\} (p \in [\frac{n(n-1)}{2}, n(n-1)])$  为连接两个顶点的边集,表示  $m$  个用户对这两个商品的偏好关系. 令  $cm_{kl}$  为顶点  $c_k$  与  $c_l$  之间边的权重. 如果  $cm_{kl} > cm_{lk}$ , 则边的方向由顶点  $c_k$  指向  $c_l$  且边的权重为  $cm_{kl}$ ; 如果  $cm_{kl} < cm_{lk}$ , 则边的方向由顶点  $c_l$  指向  $c_k$  且边的权重为  $cm_{lk}$ ; 如果  $cm_{kl} = cm_{lk}$ , 则边的方向由顶点  $c_l$  指向  $c_k$  且  $c_k$  指向  $c_l$ , 边的权重为  $cm_{kl}$  或  $cm_{lk}$ .

定义 5. 用商品集的序列  $\{c(1), c(2), \dots, c(t)\} \subseteq C$  表示一个从商品  $c_k$  到  $c_l$  的路径,并且满足以下性质:

- ①  $c(1) = c_k, c(t) = c_l$
- ②  $0 \leq t \leq n$
- ③  $\forall t = 1, \dots, n-1: cm_{c(t), c(t+1)} > cm_{c(t+1), c(t)}$
- ④  $\forall t = 1, \dots, n-1: c(t) \neq c(t+1)$

用  $PM[pm_{kl}]_{n \times n}$  表示为商品-商品最强路径矩阵,  $pm_{kl}$  的值分 3 种情况:

- ① 如果从顶点  $c_k$  到  $c_l$  没有路径,则商品  $c_k$  到  $c_l$  没有最强路径,  $pm_{kl} = 0$ , 表示认为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$  的用户数少于认为商品  $c_l$  优于商品  $c_k$  的用户数;
- ② 如果从顶点  $c_k$  到  $c_l$  只有一条路径,则该条路径为商品  $c_k$  到  $c_l$  的最强路径,该条路径的最小权重为  $pm_{kl}$  的值,即:

$$pm_{kl} = \min(cm_{c(i), c(i+1)}), i = 1, \dots, t-1 \quad (3)$$

- ③ 如果从顶点  $c_k$  到  $c_l$  有多条路径,则比较每条路径的最小权重,权重最大的那条路径为商品  $c_k$  到  $c_l$  的最强路径,且该条路径的最小权重为  $pm_{kl}$  的值,即:

$$pm_{kl} = \max\{\min(cm_{c(i), c(i+1)})\}, i = 1, \dots, t-1 \quad (4)$$

商品  $c_k$  的评价值为商品  $c_k$  的最强路径值大于其他商品最强路径值的总和, 即:

$$o_k = \sum_{l=1}^n (I(pm_{kl} > pm_{lk})), l = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

其中,  $I(*)$  是一个隐含的函数,公式如下:

$$I(pm_{kl} > pm_{lk}) = \begin{cases} 1, & \text{如果 } pm_{kl} > pm_{lk} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

若  $I(pm_{kl} > pm_{lk}) = 1$ , 则表示为商品  $c_k$  的最强路径值大于商品  $c_l$  的最强路径值; 若  $I(pm_{kl} > pm_{lk}) = 0$ , 则表示为商品  $c_k$  的最强路径值小于或等于商品  $c_l$  的最强路径值.

基于以上分析,得到商品评价排序的算法如下:

算法 1. 在线商品评价算法  
输入: 商品评分矩阵  $R = [r_{ik}]_{m \times n}$ ;  
输出: 商品评价排序.  
1. compute the complete  $R$  by collaborative filtering algorithm;  
2. for  $i = 1$  to  $m$  do  
3. compute the  $cm_{kl}$  by fomular 2;  
4. for  $k = 1$  to  $n$

```

5. for  $l = 1$  to  $n$ 
6.   if ( $k \neq l$ ) then
7.     if ( $cm_{kl} \geq cm_{lk}$ ) then
8.        $pm_{kl} = cm_{kl}$ ;
9.     else  $pm_{kl} = 0$ ;
10. for  $t = 1$  to  $n$ 
11. for  $k = 1$  to  $n$ 
12.   if ( $t \neq k$ ) then
13.     for  $l = 1$  to  $n$ 
14.       if ( $t \neq l$  and  $k \neq l$ ) then
15.          $pm_{kl} = \max(pm_{kl}, \min(pm_{kt}, pm_{lt}))$ ;
16. for  $k = 1$  to  $n$ 
17.   count = 0;
18.   for  $l = 1$  to  $n$ 
19.     if ( $pm_{kl} \neq 0$  or  $pm_{lk} \neq 0$ ) then
20.       if ( $pm_{kl} > pm_{lk}$ ) then
21.         count = count + 1;
22.    $o_i = \text{count}$ ;
23. sort( $o_i$ );
24. end.

```

从上面算法中不难看出,时间复杂度为  $O(n^3)$ 。

将以上算法应用到 3.2 节例 1 中:得到评价结果为  $c_1 > c_3 > c_2 \sim c_4$ 。根据表 1 可知,有一半以上的用户认为商品  $c_1$  优于其他三个商品,而且只有一个用户认为商品  $c_3$  优于商品  $c_1$ ,根据孔多塞和非独裁性准则,商品  $c_1$  应排在第一且优于商品  $c_3$ ,与结果相符,所以该例子满足孔多塞、非独裁性准则。

#### 4.3 评价模型理论分析

为了通过理论验证本方法的合理性和有效性,下面对利用 Shulze 函数得到对在线商品评价排名的孔多塞性、单调性、非独裁性和操纵复杂性进行证明。

**定理 1. (孔多塞性)** 如果存在商品  $c_k$ ,使得有一半以上的人认为商品  $c_k$  优于其他所有商品  $c_l$ ,即对任意的  $l = 1, 2, \dots, n$  有  $cm_{kl} > cm_{lk}$ ,则商品  $c_k$  是孔多塞候选者。

**证明:** 因为对任意的  $l = 1, 2, \dots, n$  有  $cm_{kl} > cm_{lk}$ ,所以,对任意的  $l = 1, 2, \dots, n$  有  $pm_{kl} > pm_{lk}$ ,即商品  $c_k$  优于其他任何商品。因此本方法满足孔多塞性。孔多塞性质满足多数人的偏好,体现了多数人的意愿,因此可以将孔多塞候选者作为评价结果进行推荐。

**定理 2. (单调性)** 用户偏好不变的情况下,对任意商品  $c_k, c_l$ ,有  $c_k > c_l$ 。若某个用户提高对  $c_k$  的评价,则  $c_k$  的位置将不变或者往前排,结果还是  $c_k > c_l$ 。

**证明:** 若某个用户提高对  $c_k$  的评价,那么认为  $c_k$  优于商品  $c_l$  的人数增加,所有  $cm_{kl}$  增加,  $pm_{kl}$  的值不可能降低,因此有  $pm_{kl} > pm_{lk}$ ,则结果还是  $c_k > c_l$ 。因此本方法满足单调性。单调性强调了排序的稳定性,不会因为增加某商品优于其他商品的人数而使该商品的排名降低。

**定理 3. (非独裁性)** 当且仅当只有一个人认为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$ ,而其他人认为  $c_l$  优于  $c_k$  时,那么结果是商品  $c_l$  评价

价结果不会劣于  $c_k$ 。

**证明:** 只有一个人认为商品  $c_k$  优于商品  $c_l$ ,所以  $cm_{kl} = 1, cm_{lk} > 1$ ,因此  $pm_{lk} > 1, pm_{lk} \geq pm_{kl}$ ,所以商品  $c_l$  不会劣于  $c_k$ 。因此本方法满足非独裁性。非独裁性保证了不会使某个用户的特有偏好而影响整体评价结果。

**定理 4. (操纵复杂性)** 对于任意商品  $c_k$ ,增加对商品  $c_k$  给予高分的不诚实用户数,评价结果不变。

**证明:** 如果存在商品  $c_k$ ,有  $c_k > c_l$ ,增加几个只对商品  $c_l$  给予高分而对其他商品未进行评分的用户,则根据本文的评价方法,需要对未评分的用户-商品评分矩阵进行数据填充,计算得到的填充数据与后来增加的用户对商品  $c_l$  的评分相同,所以  $cm_{kl}$  值不变,  $pm_{kl}$  值不变,评价结果仍然是  $c_k > c_l$ 。因此对本文提出的商品评价方法进行操纵比现有方法更加复杂。

## 5 实验与分析

根据文中提出的评价方法,设计实现了在线商品评价原型系统,用于评价相似商品,并对评价数据进行验证。实验通过验证基于社会选择理论商品排序的孔多塞性、单调性、操作复杂性等性质,证明本文评价方法的有效性。实验环境为 PC 机, Windows 7 系统、Corei3 处理器、8 GB 内存。

为验证本文评价方法的有效性,我们采用了具有真实评分的电影数据集:MovieLens<sup>3</sup>。MovieLens 有 1682 部电影,943 名用户,10 万条左右的评分。因为用户对商品的评分稀疏,所以在实验过程中,为了保证用户共同评分的电影具有一定的数量,并且,为了比较在不同稀疏度条件下本文的商品评价方法与其他方法的优缺点,我们首先对数据集进行了过滤操作,通过计算商品的评价数量,按不同的比例对数据进行筛选。本实验分别筛选出前 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 的商品作为五组实验数据。为了进一步验证在线商品评价模型的有效性,我们使用现在两种比较流行的商品评价方法:EBay 的 SUM 方法和 Amazon 的 AVG 方法作为本文的主要对比方法。

### 5.1 孔多塞性

若本方法得到的整体排序第一名与孔多塞候选商品一致,得本方法满足孔多塞性质。集中所有人的偏好,得到商品 47#有一半以上的人都认为其优于其他任何一个商品,所以商品 47#为孔多塞候选商品。如图 1 所示,商品 47#的评价值最大,排第一,因此本方法满足孔多塞性。

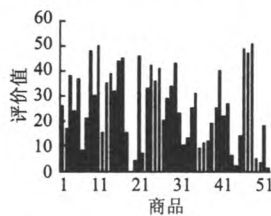


图 1 孔多塞性验证

Fig. 1 Condorcet verification

对五组数据分别进行试验,得出该方法和平均值法的孔多塞候选商品命中率均达到了 100%,而求和法为 0。

<sup>3</sup> <http://www.grouplens.org/node/73>

5.2 单调性

为了验证该方法的单调性,可任意选择一个商品,提高用户对其评分值,判断该商品的排序是否有变化,若该商品的位

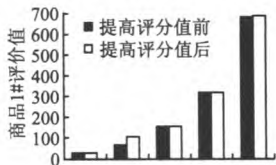


图2 单调性验证  
Fig.2 Monotonicity verification

置提前或不变,则该方法的单调性得到验证.实验以商品1#为例,提高用户对其的评分值.如图2所示,提高商品1#的评分值后,五组数据的Shulze函数对商品1#的评价值都有所提高,其排序提前.因此验证了该方法的单调性.

5.3 操纵复杂性

为了验证该方法的操纵复杂性,可任意选择一组数据的一个商品,增加用户对其进行评分,与其他方法相比,该方法结果不变,而已有方法使该电影的位置提前,得该方法具有操纵复杂性.用户数不变,评分增加,假设增加10个用户对商品7#分别给予5分,4分,3分,2分,1分,观察该商品的排名,如图3(a)所示.当分值不变,假设用户都给商品7#给予5分的高分,增加不诚实用户数量,观察该商品的排名,如图3(b)所示.

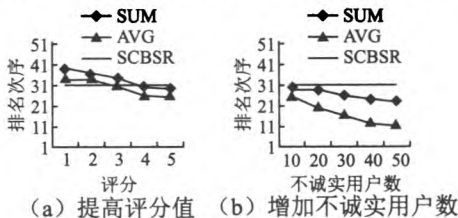


图3 操纵复杂性验证  
Fig.3 Complexity of manipulation verification

根据图3可知,不管如何变化,该方法的评价值始终不变,在所有商品中的排名不变,而其他两种方法都提升或降低了排名,达到了操纵的目的,因此对本文的方法进行操纵相比其他两种方法更加复杂.

5.4 多数准则

根据消费者的从众心理,我们验证了经济学理论中的多数准则,但这里多数准则是指在所有商品都进行两两比较的环境下,如果认为商品 $c_k$ 优于商品 $c_l$ 的人数多于认为商品 $c_l$ 优于商品 $c_k$ 的人数,则结果为商品 $c_k$ 优于商品 $c_l$ .然而由于孔多塞悖论,结果不可能达到100%.比如,有 $u_1, u_2, u_3$ 三个用户,对 $c_1, c_2, c_3$ 三个商品进行排序, $u_1$ 认为 $c_1 > c_2 > c_3$ , $u_2$ 认为 $c_2 > c_3 > c_1$ , $u_3$ 认为 $c_3 > c_1 > c_2$ ,由于 $u_1, u_2$ 都认为 $c_2 > c_3$ ,根据少数服从多数原则,社会也应认为 $c_2 > c_3$ ;同样, $u_2, u_3$ 都认为 $c_3 > c_1$ ,社会也应认为 $c_3 > c_1$ .所以社会认为 $c_2 > c_1$ .但是, $u_1, u_3$ 都认为 $c_1 > c_2$ ,所以出现矛盾.本节通过对五组不同的数据集进行试验,统计出三种方法各自满足多数准则的比例.如图4所示,该方法的比例达到了99%,高于其他两种方法.

5.5 性能测试

当商品数量固定,依次增加用户数量,记录系统每次对商品进行整体排序的响应时间(单位:s).如图5所示,随着用户数量的增加,系统的响应时间大致以线性速度增加.由于用户数量增加了,计算用户评价的次数会增加,整体排序的计算量也会增加,但群体评价方法没有导致响应时间成指数级增加,所以方法效率较高.并且,由图5可知,与其他两种方法相比

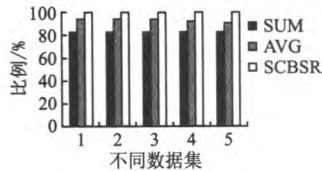


图4 多数准则验证  
Fig.4 Majority rule verification

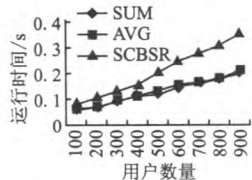


图5 系统运行时间  
Fig.5 Response time of system

较,虽然该方法系统响应时间长,但对该商品评价方法进行操纵比其他两种方法消耗时长多,所以对该方法评价结果进行操纵比其他两种方法困难.

6 结语

本文研究了基于社会选择理论的在线商品评价方法,对具有相同或相似的在线商品进行群体评价,也为用户在商品选择时提供参考.从用户评分标准不一致的角度考虑到不同用户对同一个商品的评分不具备可比较性的问题,该方法首先将传统评分系统中的评分转化为用户对不同商品的个人偏好矩阵,再通过群决策的社会选择函数集结用户偏好得出在线商品评价排序,为提高在线商品评价方法的有效性提供了一种新的思路.并通过理论分析和实验验证表明该模型具有孔多塞性,单调性,非独裁性,操纵复杂性等性质,验证了该模型对在线商品评价的有效性.下一步的工作将研究不完整用户-商品评分矩阵的在线商品评价方法.

References:

[1] Jøsang A, Ismail R, Boyd C. A survey of trust and reputation systems for online service provision[J]. Decision Support Systems, 2007, 43(2): 618-644.

[2] Zhang Wei, Liu Lu, Zhu Yan-chun. Recent developments and prospect of online reputation systems[J]. Control and Decision, 2005, 20(11): 1201-1207.

[3] Golbeck J. Weaving a web of trust[J]. Science, 2008, 321(5896): 1640-1641.

[4] Yao Y, Ruohomaa S, Xu F. Addressing common vulnerabilities of reputation systems for electronic commerce[J]. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 2012, 7(1): 1-20.

[5] Malaga R A. Web-based reputation management systems: problems and suggested solutions[J]. Electronic Commerce Research, 2001, 1(4): 403-417.

[6] Jøsang A, Guo G, Pini M S, et al. Combining recommender and reputation systems to produce better online advice[M]. Modeling Decisions for Artificial Intelligence, Springer Berlin Heidelberg, 2013: 126-138.

[7] Schall D, Skopik F, Dustdar S. Expert discovery and Interactions in mixed service-oriented systems[J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2012, 5(2): 1-1.

- [ 8 ] Allahbakhsh M, Ignjatovic A, Motahari-Nezhad H R, et al. Robust evaluation of products and reviewers in social rating systems[ J ]. World Wide Web, 2015, 18(1): 73-109.
- [ 9 ] Abdul-Muhmin A G. Contingent decision behavior: effect of number of alternatives to be selected on consumers' decision processes[ J ]. Journal of Consumer Psychology, 1999, 8(1): 91-111.
- [ 10 ] Feng Q, Hwang K, Dai Y. Rainbow product ranking for upgrading e-commerce[ J ]. Internet Computing, IEEE, 2009, 13(5): 72-80.
- [ 11 ] Arun Manicka Raja M, Winster S G, Saravanan R, et al. Pro-RankSys: ranking consumer products by predicting opinion's weight on reviews[ C ]. Computer Communication and Systems, 2014 International Conference on. IEEE, 2014: 033-038.
- [ 12 ] Zhang K, Narayanan R, Choudhary A. Voice of the customers: mining online customer reviews for product feature-based ranking[ C ]. Conference on Online Social Networks, 2010, 10: 11-11.
- [ 13 ] Tian P, Liu Y, Liu M, et al. Research of product ranking technology based on opinion mining[ C ]. Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA'09. Second International Conference on. IEEE, 2009, 4: 239-243.
- [ 14 ] Najmi E, Hashmi K, Malik Z, et al. CAPRA: a comprehensive approach to product ranking using customer reviews[ J ]. Computing, 2015, 97(8): 843-867.
- [ 15 ] Gangothri V, Saranya S, Venkataraman D. Engender product ranking and recommendation using customer feedback[ C ]. Proceedings of the International Conference on Soft Computing Systems. Springer India, 2016: 851-859.
- [ 16 ] Teacy W T L, Luck M, Rogers A, et al. An efficient and versatile approach to trust and reputation using hierarchical bayesian modeling[ J ]. Artificial Intelligence, 2012, 193: 149-185.
- [ 17 ] Mohanty B K, Passi K. Web based information for product ranking in e-business: a fuzzy approach[ C ]. Proceedings of the 8th International Conference on Electronic Commerce: The new e-commerce: Innovations for Conquering Current Barriers, Obstacles and Limitations to Conducting Successful Business on the Internet, ACM, 2006: 558-563.
- [ 18 ] Ghose A, Ipeirotis P G, Li B. Designing ranking systems for hotels on travel search engines by mining user-generated and crowd sourced content[ J ]. Marketing Science, 2012, 31(3): 493-520.
- [ 19 ] Zhang M, Guo X, Chen G, et al. Predicting consumer information search benefits for personalized online product ranking: a confidence-based approach[ C ]. Pacific Asia Conference on Information Systems, Pacis. 2014: 375-388.
- [ 20 ] Schulze M. A new monotonic, clone-independent, reversal symmetric, and condorcet-consistent single-winner election method[ J ]. Social Choice and Welfare, 2011, 36(2): 267-303.
- [ 21 ] Zhu Rui, Wang Huai-min, Feng Da-wei. Trustworthy services selection based on preference recommendation[ J ]. Journal of Software, 2011, 22(5): 852-864.

#### 附中文参考文献:

- [ 2 ] 张 巍, 刘 鲁, 朱艳春. 在线信誉系统研究现状与展望[ J ]. 控制与决策, 2005, 20(11): 1201-1207.
- [ 21 ] 朱 锐, 王怀民, 冯大为. 基于偏好推荐的可信服务选择[ J ]. 软件学报, 2011, 22(5): 852-864.