

社会网络中信任评价博弈模型^①

刘雪亮, 胡晓辉

(兰州交通大学 电子与信息工程学院, 兰州 730070)

摘要: 针对现有评价模型中的恶意评价问题, 提出了一种改进的基于博弈论的评价反馈激励方法. 在基于内容推荐方法中引入用户权威值, 用户评价时动态调整反馈函数, 利用博弈论方法建立在一定概率下一个参与者, 延伸到多个参与人和多个内容情况下的信任评估激励机制. 仿真结果显示, 根据用户权威计算内容信任值, 可以激励用户通过正确的选择提高自身信任值, 并且能够实现正确内容的信任值合理增加.

关键词: 博弈论; 反馈值; 激励策略; 权威值

Trust Valuation Model Based on Game Theory in Social Network

LIU Xue-Liang, HU Xiao-Hui

(School of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to solve malicious evaluation problems in evaluation model, an improved evaluation model with feedback incentive based on game theory is proposed. The model introduce user's authority into the content-based recommendations model give feedback points with nodes. The model can adjust feedback function dynamically when evaluation. The model with trust evaluation incentive mechanism is established by game theory including one node, a plurality of nodes and a plurality of content. The results showed that evaluation of trust value with authority value would facilitate reasonable choice and the same time, the content trust values increased reasonably.

Key words: game theory; feedback points; incentive strategy; authority value

社会网络中, 信息的大幅度增加给人们寻找自己喜欢的信息带来了困难, 有效的推荐信息成为目前研究的重点. 推荐系统中内容的推荐是建立在相互信任基础上的, 目前, 内容的信任评价研究方法有基于反馈的迭代满意度评价方法^[1], 基于模糊理论的评价方法^[2], 基于博弈论的评价方法等^[3]. 但是目前提出评价模型中对恶意或者共谋用户评价行为的遏制机制中激励函数通常为固定值或者只考虑时间的衰减, 并未考虑用户自身属性从而动态调整惩罚奖励函数. 利用博弈论模型可以动态调整评价反馈值, 达到对真实或者虚假评价用户的奖励或者惩罚, 用户每轮博弈结束根据收益决定下一轮行动, 模拟网络中用户的行为更为形象.

本文提出一种改进的激励用户推荐的方法, 利用

博弈计算信任值, 激励用户进行正确评价. 考虑内容的是否正确, 评价具有反馈机制, 对内容有效评价能够增加评价用户的信任值, 无效或者恶意的评价使评价用户的信任值下降. 网络信息中存在正确内容, 但也存在不正确内容, 为了使得正确率较高的内容被评价, 引入权威用户评价计算信任值, 通过博弈证明权威用户的评价更具可靠性. 对于博弈策略来说, 最优的策略是对于正确的内容进行评价对于错误的内容不进行评价, 但是通过博弈达到的纳什均衡不一定为最优解^[4], 所以要通过调整博弈的激励函数, 进行惩罚或者奖励来使得局中人能达到所期望的策略. 1994年, Marsh 在网络研究中提出信任模型^[5]. S.Kamavar 提出评价反馈结合用户信任值的方法 EigenTrust^[1]. L.Xiong 提出评价反馈结合信任方法 PeerTrust^[6]. 袁

^① 基金项目: 甘肃省高等学校特色专业(080901); 甘肃省科技支撑计划(2014GS03891)

收稿时间: 2015-08-26; 收到修改稿时间: 2015-10-19

金凤提出了基于信任扩散的模型^[7],认为信任是动态传播的,将挖掘到的内容与协同推荐相结合.董晓华提出了基于相似度的信任模型^[8],把信任推荐中的权重使用用户相似度来替代,降低了误差的同时有效推荐.王倩提出基于博弈论服务信任评估模型^[9],建立共谋检测机制,利用博弈论的方法遏制用户共谋,但是并没有考虑用户权威程度.

1 信任模型

在研究中,通过分析单个用户评价正确内容和错误内容的模型,扩展到多个用户评价的情况.对网络中内容信任值和用户的信任值分析,考虑内容的发表时间、用户属性和内容属性以及用户权威.主要分析不同属性的内容信任值的累加趋势以及评论用户信任值的累加趋势,从而设置有效的激励函数.激励用户正确的评价和合理推荐.

1.1 评价影响因素

(1)时间

内容中内容的热度随着所发表的时间减慢,从中定义时间热度为 1 小时,前 1 个小时内交于权威用户评价.提取内容的发表时间,随着时间递增内容信任值增加减缓.评价时间 $t = \text{当前评价时间} - \text{内容发表时间}$.

(2)用户以及内容属性

用户的属性包括用户注册信息,包括专业和关注领域.内容的属性即内容提交时所属的类别.

(3)用户权威

用户的权威通过用户历史评价以及其他用户对用户的肯定.用户权威值的计算如下:首先发现用户贡献或者评价内容数量,并进行帖子分类,用户历史评价次数,与用户相似的朋友的数量.发现用户在某一类别内容贡献中更加积极.按照一定的权重分配,权重值 $w_i = \{w_1, w_2, w_3\}, w_i \in [0, 1]$.

$$c = \frac{w_1 \cdot N_1 + w_2 \cdot N_2 + w_3 \cdot N_3}{N_1 + N_2 + N_3} + 1 \quad (1)$$

N_1, N_2, N_3 , 分别表示用户贡献内容的数量、用户历史评价次数和用户朋友数量. c 越大表示用户更加权威.

1.2 评价形式化定义

情景假设:一个用户评价一条内容,行动为评价和不评价,可能为正确内容也可能为错误内容,用户对两种内容采取评价与不评价策略.

情景假设:多个用户评价一条内容,每个用户对内容的评价分别为评价和不评价,每个用户在不同的

评价时间收益不同,内容的收益随着时间推移递减.

情景假设:一个用户对不同内容进行评价以提高自身信任值,对于不同用户正确度不同所得收益也不同.用户根据收益选择策略.

定义 1. 概率博弈模型基本结构为 $\langle N, S, U, P \rangle$

N 代表博弈的用户与内容, P 表示用户评价的概率, $P = \langle p, q \rangle$, p 表示评价内容正确的概率, q 表示评价错误内容的概率. $U = \langle u_a, u_b \rangle$, $u_a = (u_{a1}, u_{a2})$ 代表正确内容与错误内容的收益. u_b 代表用户收益.

1.3 评价模型

前两节介绍了评价过程中的影响因素和模型的形式化定义,本节详细介绍用户评价博弈过程,分析内容和用户的收益也即信任值评估结果.

(1)单个用户对单条内容评价

评价模型首先分析单个用户评价或者不评价,策略选择取决于采取不同策略所得收益的大小,为了促进用户评价,给与反馈激励值.收益矩阵如表 2:

表 1 激励函数支付矩阵

| | | | |
|-----|---|--------------------|---------------|
| | A | 正确 | 错误 |
| B | | | |
| 评价 | | $s1 - s2 + s3, s3$ | $s3 - s2, s3$ |
| 不评价 | | $s1, 0$ | $0, 0$ |

$s1$ 是用户在浏览正确内容所得基本收益, $s2$ 是用户评价内容时的消耗值, $s3$ 表示评价内容后系统给用户反馈收益函数 $s3 = cb$. c 代表用户权威值, b 代表评价反馈值.其纳什均衡抽象形态如图 1.

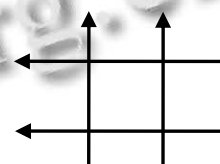


图 1 激励函数纳什均衡

讨论:从图 1 中可得,(评价,正确)的纳什均衡最优策略,由于 $c > 1$,正确内容被评价后得到收益与错误内容的收益相同.从支付矩阵中可看出 $s1 > 0$,用户评价正确内容的收益 $s1 - s2 + s3 > 0$, $s3 > s2$.从博弈中可得如果用户要获取更高的信任值,需要正确评价内容.而内容信任值由用户的权威来决定大小.

(1)多个用户对一条内容的评价

由于网络环境中存在大量的用户,必须考虑多个用户对单项内容评价的情况,用户评价与不评价是根据自身主观想法,正确内容被用户评价的概率为 p ,错误内容被用户评价的概率为 q ,正确内容不被评价

的概率为 $1-p$ ，错误内容不被评价的概率为 $1-q$ ，由于时间推移，内容的热度减少，从而信任值增加速度越来越小接近 1， α 为时间衰减函数^[10]。内容收益矩阵如表 2 所示。

表 2 内容被评价收益

| | |
|----------|--------------------|
| 正确内容被评价 | $\alpha \cdot s_3$ |
| 正确内容不被评价 | 0 |
| 错误内容被评价 | $\alpha \cdot s_3$ |
| 错误内容不被评价 | 0 |

讨论：假定多个用户对内容评价的情况下内容收益为所得信任值，混合策略中正确和错误内容收益均为：

$$u_{a1} = p \cdot s_3 \cdot \alpha + (1-p) \cdot 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial u_{a1}}{\partial p_i} = s_3 \cdot \alpha = 0 \tag{3}$$

即只要 $s_3 > 0$ 权威值越大用户的评价，内容的信任值才能提高。随着权威值的增大，内容信任值变化曲线如图 2。

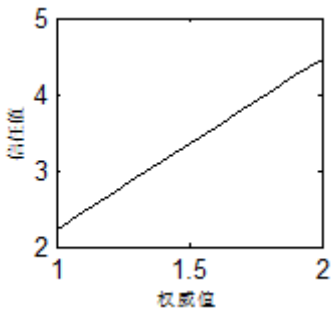


图 2 信任值变化曲线

从图中可得，用户权威值越大，内容的信任值越大，从而可以说明权威值的正确评价对内容的信任值有较大影响。

(2) 一个用户评价多条内容

用户与选择对多条内容评价或者不评价，取决于自身所得利益的大小。用户评价的支付矩阵如下表 3。

表 3 支付矩阵

| | | | |
|---|-----|-----------------------|-------------------|
| | | A | |
| | | 正确 | 错误 |
| B | 评价 | $(s_1-s_2+s_3)\alpha$ | $(s_3-s_2)\alpha$ |
| | 不评价 | $s_1 \cdot \alpha$ | 0 |

用户评价第 i 条正确内容的概率为 p_i ，评价第 j 条错误内容的概率为 p_j ，不评价正确内容的概率为 $1-p_i$ ，不评价错误内容的概率为 $1-p_j$ ，用户收益为：

$$u_b = p_i \cdot (s_1 - s_2 + s_3) \cdot \alpha + (1 - p_i) \cdot (s_1 \cdot \alpha) + p_j \cdot (s_3 - s_2) \cdot \alpha + (1 - p_j) \cdot 0 \tag{4}$$

如果要使得用户收益的最大，得

$$\begin{cases} \frac{\partial u_b}{\partial p_i} = (s_3 - s_2) \cdot \alpha = 0 \\ \frac{\partial u_b}{\partial q_j} = (s_3 - s_2) \cdot \alpha = 0 \end{cases} \tag{5}$$

即 $s_3 = s_2$ ，但是这种情况下，评价与不评价收益相同。 $s_3 > s_2$ 时，随着 p_i, q_j 增加用户收益递增， $s_3 < s_2$ 时收益减小，不能激励用户进行评价。为了确保用户采取评价策略得：

$$p_i \cdot (s_1 - s_2 + s_3) \cdot \alpha + (1 - p_i) \cdot (s_1 \cdot \alpha) > q_j \cdot (s_3 - s_2) \cdot \alpha \tag{6}$$

得出 $p_i - q_j > s_1 / (s_2 - s_3)$ ，因为 $s_3 > s_2$ ，所以 $p_i > q_j$ 评价正确内容的概率大于评价错误内容的概率时是最优策略。评价正确内容的概率增大时，用户的信任值变化曲线如图 3。随着用户评价错误的概率增大，用户的信任值的变化曲线如图 4。从图 3 和图 4 可看出评价正确内容的情况下，信任值的增加比较迅速，而评价错误内容其信任值的增加缓慢，所以评价正确内容对于用户来说更有益。

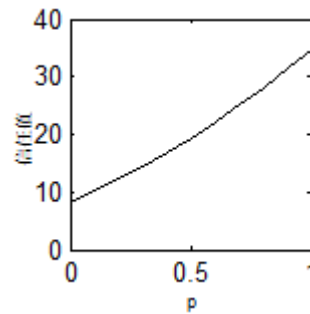


图 3 评价正确内容

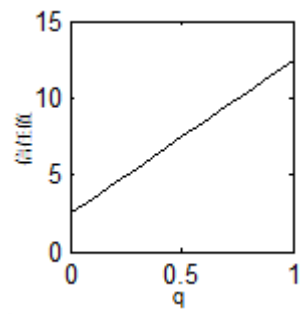


图 4 评价错误内容

2 算法过程

(1) 根据历史记录从网页中获取用户贡献或者评价内容数量、用户历史评价次数、用户注册等属性和用户朋友数量；

(2) 对用户贡献的内容和用户评价的内容等分类，并结合用户的注册信息和用户朋友的信息对用户进行分类，判断用户在不同领域的权威值。

(3) 对网络中提交的共享内容分类，自动推荐给其领域内相对权威的用户进行评价。

(4) 若该条内容信任值较高，则推荐给其他用户。反之，认为该条内容有误，不推荐给其他用户。

3 分析

3.1 仿真分析

为了评价信任值有效增长，作为对比，分析本模型与 EigenTrust 模型用户信任值有效增长率。本文实验基于 matlab 平台，实验数据为 epinion 数据，从中选

取用户的100个评价,正确评价反馈的概率从0~100%变化,初始信任值为0.5,各参数值设定如表3.

表3 仿真参数设定

| | |
|---------|----------|
| 评价总次数 | 100 |
| 正确评价的概率 | 0~100% |
| 错误评价的概率 | 0~100% |
| 正确内容 | 60 |
| 错误内容 | 40 |
| 用户权威 | 0.8, 0.3 |

图5为正确评价概率变化下,信任值有效增长率.随着正确评价概率的增加,用户信任值有效提高.从图5中可看到,本模型与EigenTrust模型相比,用户的正确评价的概率逐渐升高的同时,信任值增长越低,对于信任的评价越有效.

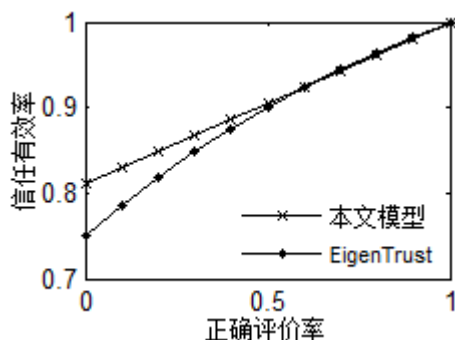


图5 信任值有效增长率

3.2 应用举例

(1) 舆论信息的传播

舆论信息的传播不一定准确性.通常信息发布者在发布信息前并未对其进行验证,通过本文思想,当发布者上传信息后,推荐给本领域类权威用户,通过权威用户判断是否正确,若为舆论信息则不评价,信任值不会增加,从而不会推荐给其他用户.

(2) 专业知识推荐

为用户推荐专业知识,通常专业程度高的用户对提出的推荐更受用户欢迎.权威用户代表各领域类专业程度高的用户,专业程度高的用户对内容的评价更具可靠性,内容信任值高,推荐度高.

3.3 相关比较

文献[10]提出惩罚奖励的机制促进用户转发信息,本文利用权威用户计算反馈值,给与用户激励,针对不同的内容分类评价,分析用户是否正确.文献[11]综合推荐过程中访问次数、正负面评价和内容相似度等指标推荐新闻,本文统计用户的各种属性,对用户偏向分析,分析了信任值,根据收益大小推荐.文献[12]根据用户的偏好和最近邻模型来向用户推荐,是从用

户本身出发,进行推荐.本文考虑内容的正确性,从用户与用户双向分析进行推荐.

4 结语

本文对于现有评价推荐中存在的不诚实评价问题,提出了一种改进的基于博弈论的激励用户评价的机制,提出用户权威对于内容评价时内容信任值大小的重要性.通过对传统评价模型在不同博弈阶段的建模,分析用户以及内容的收益,可知激励机制可以使得用户在正确评价时得到最大的信任值,同时,内容的信任值逐步增加,进行有效推荐.但信任值只是单方面根据用户评价所得,在进一步研究中需要引入信誉度等多种因素,综合考虑推荐信任值的间接信任值等影响因素.

参考文献

- 1 Kamvar S, Schlosser M. The eigen trust algorithm for reputation management in P2P networks. WWW, Budapest, Hungary, 2003.
- 2 李季.基于模糊理论的 Web 服务信任评估模型.计算机工程,2010,36(15):25-28.
- 3 申利民,王倩,李峰.基于博弈论的 Web 服务信任评估模型.小型微型计算机系统,2014,35(8):1687-1692.
- 4 Wu SH, Soo VW. Escape from a prisoners' dilemma by communication with a trusted third party. Proc. of 1998. Tenth IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence. 1998. 58-65.
- 5 Marsh S. Formalizing Trust as a Computational Concept. [Ph.D Thesis]. University of Stirling,1994.
- 6 Xiong L, Liu L. PeerTrust: Supporting reputation-based trust for Peer-to-Peer electronic communities. Proc. of 2004 IEEE Trans. on Knowledge Data Engineering, 2004, 16(7): 843- 857.
- 7 袁金凤.基于信任扩散机制的推荐系统研究[学位论文].重庆:西南大学,2014.
- 8 董晓华,周彦晖.基于相似度的信任推荐模型.计算机科学,2013,40(10):132-158.
- 9 王倩.基于博弈论的 Web 服务信任评估模型[学位论文].秦皇岛:燕山大学,2014.
- 10 欧阳竟成.对等网络中信任模型与激励机制研究[学位论文].长沙:湖南大学,2012.
- 11 王刚,蒲国林,邱玉辉.一个基于社会网络的内容推荐模型研究.计算机应用与软件,2012,(12):47-50.
- 12 王晟,王子琪,张铭.个性化微博推荐算法.计算机科学与探索,2012,6(10):895-902.