

社交网络中新产品推广策略两阶段博弈演化分析

韩 菁^{1,2}, 蔡 寻^{1*}, 滕新玉¹

(1. 陕西师范大学国际商学院, 陕西 西安 710119; 2. 西安交通大学管理学院, 陕西 西安 710049)

摘要: 社交网络中新产品的宣传价值不确定且与大众感知价值存在偏差, 为探究社交网络中新产品推广策略的演化机理, 基于演化博弈及复杂网络博弈理论, 依次构建了推广商与高影响力用户(大 V)、普通网民之间的两阶段博弈模型, 分析不同收益条件下推广商与大 V 的策略演化及网络参数、收益参数对普通网民策略选择的影响. 研究表明, 相较于推广商, 大 V 的策略受收益条件的影响更大; 推广商对声誉的重视程度、大 V 审查时的成本与心理收益是实现最优策略组合的关键; 大众感知新产品价值与宣传价值的偏差决定了网民策略的演化方向, 当偏差较小时, 网民推广策略的演化深度与推广网络规模、网民粉丝数成正相关, 而演化速度与两者成负相关, 且存在最优的网络聚集系数使策略的演化深度最大.

关键词: 两阶段博弈; 新产品推广; 演化博弈; 复杂网络博弈

中图分类号: N945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5781(2022)03-0317-13

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2022.03.003

Evolutionary analysis of the new products promotion strategy in social networks based on two-stage game model

Han Jing^{1,2}, Cai Xun^{1*}, Teng Xinyu¹

(1. International Business School, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;

2. School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Uncertainty of product advertising value and deviation among public perceived value exist in the process of new products promotion in social networks. In order to explore the evolutionary mechanism of new products promotion strategy in social networks, based on the evolutionary game and complex network game theory, this paper constructs a two-stage game model: between products promoter and influencer, and among netizens, to explore the promotion strategies evolution of promoters and influencers under different conditions and to analyze the effect of network structure parameters on the promotion strategies of netizens. The results indicate: Influencer's strategy is more likely to be affected by income conditions than the promoter's; The importance promoters give to reputation, the cost of inspection and psychological benefits when the influencer examines the new products are the key factors to achieve the optimal strategy combination; The deviation of public perceived value of new products from the advocated value determines the ultimate evolution direction of netizens' strategies. When new products are good, the evolutionary depth of netizens' promotion strategy is positively correlated with network scale and netizens' influence, with the evolution speed negatively correlated with network scale and netizens' influence.

Key words: two-stage game; new products promotion; evolutionary game; complex network game

收稿日期: 2019-07-17; 修订日期: 2020-10-12.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72074139); 教育部人文社会科学基金资助项目(18XJA840002); 中国博士后科学基金资助项目(2016M590960).

*通信作者

1 引言

近年来,各类社交网络服务平台的迅速兴起为企业开展社会化营销提供了良好的渠道^[1].在社交网络中用户可轻松地实现联系建立和信息交互,且用户观点的形成和演变容易受到周围用户的影响^[2].而社交网络中那些高影响力用户(如大V),拥有大量连接成为网络中的Hub节点,利用他们可加速信息传递并增强用户间的有效交互^[3].高影响力用户的发掘和利用使商家的商业模式和营销策略均发生巨大变革,当今许多新产品推广商开展社会化营销便借助大V构建新产品推广网络,使产品信息在网民中扩散,网民不仅是产品信息的接受者,也成为了产品信息的传播者^[4,5].但推广过程中两个突出问题也随之产生,其一为新产品宣传价值不确定,如近期发生的“红瑞乐邦-胶原蛋白肽”和“痘博士”等虚假宣传事件,破坏了正常市场竞争秩序,侵害了消费者利益,同样使推广商和大V的声誉受损;其二为大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差,新产品推广初期并无成熟的市场口碑反馈,且个体对新产品价值感知有差异,这种情况下网民推广新产品会存在一定风险,故网民二次推广行为易受抑制.这两个问题会直接影响社交网络中各主体的新产品推广行为及最终的产品推广效果^[6-8],因此基于新产品宣传价值不确定且与大众感知价值存在偏差的背景,探究社交网络中推广策略的演化机理已成为近期一个具有实际意义的研究课题.

已有研究表明产品推广过程中确实存在宣传价值不确定及大众价值感知偏差的问题,并探究两者对产品推广效果的影响.Kariyawasam等^[9]阐述了产品宣传价值不确定与消费决策间的关系,并探究相关立法在处理误导性宣传方面的进展.胡春华等^[10]认为产品推广中的虚假宣传、虚假评论等不确定信息会降低基于信任关系推荐算法的精确性.Wu等^[11]和Elster等^[12]则基于产品属性及感知偏差视角来理解消费者决策行为,并提出刺激消费行为的措施.对新产品推广,它是技术创新扩散的一种特殊形式,指新产品通过特定渠道在社会系统中随时间传播的过程^[13].Bass^[14]于1969年提出的扩散模型成为定量研究创新扩散模型的起点.后续的研究成果主要体现在两个方面:1)基于Bass的改进宏观扩散模型:如文献[15,16]通过放宽模型限制性假定拓宽了模型的应用范围,文献[17]将重复购买率引入Bass模型探究新产品定价与产品扩散速度的关系;文献[18]将基础Bass模型与SIR模型结合以解决特殊情景中的产品扩散问题,探究购买过产品却不对产品进行二次推广的消费者对产品扩散的影响.但以上Bass改进模型主要从宏观视角对新产品扩散速度和规模进行总体统计分析,只能反映市场的整体情况,无法洞察内部异质性个体间的交互对产品扩散的影响^[19].2)基于个体决策层面的微观扩散模型:为探究产品扩散的微观原理,相关学者提出了元胞自动机微观仿真方法,张廷等^[20]概述了元胞自动机的建模思路 and 仿真原理.Goldenberg等^[21]运用元胞自动机研究考虑个体异质性和口碑效应情景下的新产品扩散过程.但元胞自动机主要刻画的是主体在规则网络上的交互,而现实情境中的新产品推广网络具有复杂性,因此元胞自动机方法存在缺陷.多Agent仿真近年来在研究个体行为领域应用较广,它采用一种自下而上的方法,能准确地体现个体异质性,通过设定Agent间的交互规则可剖析个体间的交互行为对整体宏观行为的影响.危小超等^[22]基于后悔理论对新产品扩散时消费者决策互动行为开展了多Agent仿真.那日萨等^[23]通过Agent仿真实验表明消费者对全局情感信息的感知能力越强,产品口碑推广效果越好.而复杂网络理论研究表明,网络的拓扑结构会影响扩散动力学特征,因此部分学者开始引入复杂网络来研究新产品扩散问题.段文奇等^[24]运用复杂网络的方法研究了网络结构及初始比例对扩散模型的影响.赵良杰等^[25]基于生命周期的视角研究消费者交互作用对产品扩散的影响.黄琦玮等^[26]考虑社交网络的异质性和动态性,运用微分方程和复杂网络理论分析了垄断厂商产品持续扩散的阈值条件.

可见,国内外学者对新产品的扩散研究通过不断改进扩散模型取得了丰富的研究成果,但仍存在以下不足:对新产品宣传价值不确定及大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差情形下社交网络中的新产品扩散机理研究相对较少;对个体间的交互过程处理相对简单,很难从微观上揭示个体交互行为影响宏观扩散现象的内在机理;在重视网络结构特征的基础上,还需强调个体交互下的决策规则;许多研究没有结合现实情

境, 仅对几种典型网络下的新产品扩散机制进行分析比较, 研究缺乏针对性. 基于此本文从博弈视角构造了两阶段博弈模型, 以推广商为源头, 首先构造新产品推广商与大 V 在产品宣传价值不确定背景下的博弈模型, 运用演化博弈理论分析双方推广策略的演化机理, 完成利用大 V 开展新产品推广的第一阶段博弈, 形成以大 V 为中心的新产品推广无标度网络. 网络中每个节点代表一个个体, 节点间的边代表个体间的相互作用关系, 而复杂网络博弈即是探讨网络拓扑及个体异质性对决策主体行为的影响, 因此基于复杂网络博弈理论, 构建在大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差及奖励推荐背景下网民间关于新产品推广的第二阶段博弈模型, 最后利用复杂网络博弈多 Agent 仿真技术, 分析推广网络参数及博弈收益参数对网民推广策略的影响, 并相应提出促进优质新产品推广的有效措施.

2 社交网络中新产品推广博弈模型

本文将社交网络中新产品推广博弈模型分为两阶段, 第一阶段为新产品推广商与大 V 之间的博弈, 第二阶段为各网民之间的博弈. 如图 1 所示.

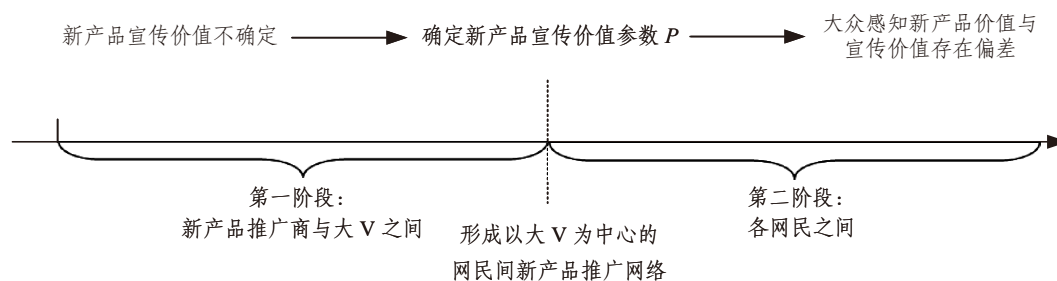


图 1 两阶段博弈模型

Fig. 1 Two-stage game model

2.1 第一阶段

现实情境中, 新产品推广商雇佣大 V 开展产品推广需先向大 V 揭示新产品的价值, 部分推广商为能在短期内扩大新产品的推广范围不顾后期市场反馈带来的信誉损失向大 V 夸大宣传新产品的价值; 面对新产品宣传价值不确定的情形, 大 V 根据自身的利益诉求选择是否对新产品的真实价值进行审查而后进行推广. 由此构建推广商与大 V 间关于新产品推广的第一阶段博弈模型, 模型相关假设如下.

假设 1 博弈主体为新产品推广商和大 V , 且均为有限理性.

假设 2 新产品推广商在博弈过程中有两种策略选择: 1) 真实宣传 Q_1 : 推广商重视企业声誉向大 V 正确揭示新产品价值. 2) 虚假宣传 Q_2 : 推广商为在新产品推广前期获得较好的推广效果向大 V 夸大宣传新产品价值. 面对推广商的新产品推广请求, 大 V 除选择拒绝外, 也有两种选择: 1) 对新产品开展价值审查 E_1 : 大 V 为维护自身信誉和关注度以及追求内心的踏实对新产品的真实价值开展审查再进行推广. 2) 不对新产品开展价值审查 E_2 : 大 V 不想负担对新产品开展价值审查需支付的审查成本而直接对新产品进行推广.

假设 3 若新产品推广商选择真实宣传, 不论大 V 是否选择审查, 结果都是新产品得到真实的推广宣传; 若新产品推广商选择虚假宣传, 大 V 选择审查, 则大 V 会发现新产品的真实价值低于推广商的宣传价值, 大 V 会要求推广商正确揭示新产品的价值再进行推广, 最终结果依然是新产品得到真实的推广宣传; 若新产品推广商选择虚假宣传, 大 V 选择不审查, 结果是新产品得到虚假的推广宣传.

假设 4 博弈双方的策略选择具有互补效应, 只有当新产品推广商和大 V 的策略组合为 $\{Q_1, E_1\}$ 时, 即新产品推广商选择真实宣传, 大 V 选择审查时才能切实保障新产品价值得到真实宣传, 以遏制市场中新产品虚假宣传的不良之风. 该阶段博弈就是要讨论在何种条件下博弈双方策略会朝着最优策略组合(并不是帕累托最优) $\{Q_1, E_1\}$ 演化, 及当双方策略处于非最优状态时相应的规制手段. 基于以上四点假设并结合实际情况, 构建新产品推广商和大 V 的博弈收益矩阵如表 1 所示, 收益矩阵中相关损益参数说明参见表 2.

表 1 不同策略下新产品推广商与大 V 博弈收益矩阵

Table 1 The game payoff matrix between new products promoters and influencers under different strategies

新产品推广商	大 V	
	审查 E_1	不审查 E_2
真实宣传 Q_1 ($V_{\text{宣传}} \leq V_{\text{真实}}$)	$R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 + R_1(\varepsilon),$ $\sigma d + S(\varepsilon) + f_1(\beta) - C_2(\beta) - C_4$	$R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 + R_1(\varepsilon),$ $\sigma d + S(\varepsilon) - C_4$
虚假宣传 Q_2 ($V_{\text{宣传}} > V_{\text{真实}}$)	$R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 - P\tau^2 + R_1(\varepsilon),$ $\sigma d + S(\varepsilon) + f_2(\beta) - C_3(\beta) - C_4$	$R_0(\tau) - \sigma d - C_1 - D(\tau),$ $\sigma d - S(\tau) - C_4$

本文采用由 Taylor 等^[27]提出的 Replicator Dynamics 模型, 来探究新产品推广商与大 V 的策略选择问题, 其主要思想是下阶段种群中采用某策略的比例与现阶段种群中选择该策略的比例和收益正向相关. 结合博弈矩阵, 模型推导如下.

新产品推广商选择真实宣传和虚假宣传的期望收益分别为

$$U_{Q_1}^x = y [R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 + R_1(\varepsilon)] + (1 - y) [R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 + R_1(\varepsilon)], \quad (1)$$

$$U_{Q_2}^{1-x} = y [R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 - P\tau^2 + R_1(\varepsilon)] + (1 - y) [R_0(\tau) - \sigma d - C_1 - D(\tau)]. \quad (2)$$

故新产品推广商平均期望收益为

$$\bar{U}_Q = x U_{Q_1}^x + (1 - x) U_{Q_2}^{1-x}. \quad (3)$$

同理, 大 V 对新产品审查和不审查的期望收益分别为

$$U_{E_1}^y = x [\sigma d + S(\varepsilon) + f_1(\beta) - C_2(\beta) - C_4] + (1 - x) [\sigma d + S(\varepsilon) + f_2(\beta) - C_3(\beta) - C_4], \quad (4)$$

$$U_{E_2}^{1-y} = x [\sigma d + S(\varepsilon) - C_4] + (1 - x) [\sigma d - S(\tau) - C_4]. \quad (5)$$

故大 V 平均期望收益为

$$\bar{U}_E = y U_{E_1}^y + (1 - y) U_{E_2}^{1-y}. \quad (6)$$

新产品推广商选择真实宣传策略的复制动态方程为

$$\frac{dx}{dt} = F_1(x, y), \quad (7)$$

其中

$$F_1(x, y) = x(1 - x) [D(\tau) + R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) - R_0(\tau) - y(D(\tau) - P\tau^2 + R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) - R_0(\tau))].$$

同理, 可得大 V 选择对新产品审查的复制动态方程为

$$\frac{dy}{dt} = F_2(x, y), \quad (8)$$

其中 $F_2(x, y) = y(y - 1) [C_3(\beta) - f_2(\beta) - S(\varepsilon) - S(\tau) + x(C_2(\beta) - C_3(\beta) + S(\varepsilon) + S(\tau))]$.

为便于后文分析, 令 $a = R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 + R_1(\varepsilon)$, $b = \sigma d + S(\varepsilon) + f_1(\beta) - C_2(\beta) - C_4$, $c = R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 + R_1(\varepsilon)$, $d = \sigma d + S(\varepsilon) - C_4$, $e = R_0(\varepsilon) - \sigma d - C_1 - P\tau^2 + R_1(\varepsilon)$, $f = \sigma d + S(\varepsilon) + f_2(\beta) - C_3(\beta) - C_4$, $g = R_0(\tau) - \sigma d - C_1 - D(\tau)$, $h = \sigma d - S(\tau) - C_4$.

由此以上两个复制动态方程分别简化为

$$\frac{dx}{dt} = x(1 - x) [(c - g) - y(e - g)], \quad (9)$$

$$\frac{dy}{dt} = y(y - 1) [(h - f) + x(f - b + d - h)]. \quad (10)$$

新产品推广商策略的演化稳定分析: 让复制动态方程为 0 的点为策略演化稳定点^[27]. 由式(9)可以看出, 当 $y = \frac{c-g}{e-g}$ 时, $F_1(x, y) = 0$, 所有的 x 均处于稳定状态; 当 $y \neq \frac{c-g}{e-g}$ 时, 据 $F_1(x, y) = 0$, 可得 $x_1 = 0$ 和 $x_2 = 1$ 为可能的演化稳定状态.

表 2 收益矩阵相关参数说明
Table 2 Symbols and explanations

参数	解释说明
ε	表示新产品推广商向大 V 真实宣传产品价值逼近其真实价值的程度, 即 $V_\varepsilon \leq V_{\text{真实}}, \varepsilon \in [0, 1]$
τ	表示新产品推广商向大 V 虚假宣传产品价值偏离其真实价值的程度, 即 $V_\tau > V_{\text{真实}}, \tau \in [0, 1]$
β	表示大 V 对新产品开展价值审查的难度或可理解为大 V 进行价值审查的努力程度, 推广商虚假宣传程度越大, β 值越大, $\beta \in [0, 1]$
$R_0(\varepsilon)$	表示对新产品进行真实宣传给推广商带来的涉及产品宣传效果的前期推广收益, 其值与推广商真实宣传程度 ε 成正比相关, $R_0(\varepsilon) \in (0, +\infty)$
σ	表示新产品推广商根据大 V 影响力设定的单位宣传薪酬标准, $\sigma \in (0, +\infty)$
d	表示大 V 的影响力, 一般与其粉丝数有关, 在社会网络中可理解为大 V 这个 hub 节点的度, $d \in (0, +\infty)$
σd	表示新产品推广商雇用大 V 开展产品宣传需支付的费用, $\sigma d \in (0, +\infty)$
C_1	表示新产品推广商与大 V 取得沟通接洽, 最终达成推广合作期间产生的一系列固定沟通成本, $C_1 \in (0, +\infty)$
$R_1(\varepsilon)$	表示对新产品进行真实宣传给推广商带来的涉及产品口碑、企业声誉的后期反馈收益, 其值一般与推广商真实宣传程度 ε 成正比相关, $R_1(\varepsilon) \in (0, +\infty)$
$P\tau^2$	表示新产品推广商向大 V 虚假宣传产品价值且被大 V 审查, 其信誉度、可信度在大 V 心中下降造成的潜在收益损失, $P\tau^2 \in (0, +\infty)$
$R_0(\tau)$	表示对新产品进行虚假宣传给推广商带来的涉及产品宣传效果的前期推广收益, 其值与推广商虚假宣传程度 τ 有关, 一定范围内虚假宣传程度越大前期推广收益越大, 故 $R_0(\tau) > R_0(\varepsilon)$, $R_0(\tau) \in (0, +\infty)$
$D(\tau)$	表示对新产品进行虚假宣传给推广商带来的涉及产品口碑、企业声誉的后期反馈损失, 其值一般与推广商虚假宣传程度 τ 成正比相关, $D(\tau) \in (0, +\infty)$
$S(\varepsilon)$	表示对新产品进行真实宣传给大 V 带来的涉及声誉和关注度增加带来的潜在收益, 其值与真实宣传程度 ε 成正比相关, $S(\varepsilon) \in (0, +\infty)$
$f_1(\beta)$	表示当新产品推广商向大 V 真实宣传产品价值时, 大 V 推广之前对产品价值尽责审查获得踏实与满足的心理收益, 其值与审查难度 β 成正比相关
$f_2(\beta)$	表示当新产品推广商向大 V 虚假宣传产品价值时, 大 V 推广之前对产品价值尽责审查获得踏实与满足的心理收益, 故 $f_2(\beta) > f_1(\beta)$, $f_1(\beta) \in (0, +\infty)$
$C_2(\beta)$	表示当新产品推广商向大 V 真实宣传产品价值时, 大 V 对产品进行审查需付出的审查成本(包括时间、精力、机会成本等), 其值与审查难度 β 成正比相关, $C_2(\beta) \in (0, +\infty)$
C_4	表示大 V 借助新媒体或其它形式向网民推广新产品需付出的固定宣传成本, $C_4 \in (0, +\infty)$
$C_3(\beta)$	表示当新产品推广商向大 V 虚假宣传产品价值时, 大 V 对产品进行审查需付出的审查成本(包括时间、精力、机会成本等), 考虑审查难度易知 $C_3(\beta) > C_2(\beta)$, $C_3(\beta) \in (0, +\infty)$
$S(\tau)$	表示对新产品进行虚假宣传给大 V 带来的涉及声誉和关注度降低带来的潜在损失, 其值与虚假宣传程度 τ 成正比相关, 即 $S(\tau) \in (0, +\infty)$
x	表示新产品推广商选择真实宣传的概率, 故推广商选择虚假宣传的概率为 $1 - x$, $x \in [0, 1]$
y	表示大 V 选择对新产品进行审查的概率, 故商家选择不进行审查的概率为 $1 - y$, $y \in [0, 1]$

为便于后文分析令 $y_0 = \frac{c-g}{e-g}$, 以下利用微分方程稳定性定理, 分析使新产品推广商策略满足 $F'_1(x, y) = (1 - 2x)[(c - g) - y(e - g)] < 0$ 的演化稳定策略(ESS), 及当策略处于非最优状态时对应的规制手段, 结果见表 3.

表 3 不同条件下新产品推广商的演化稳定策略及相关规制手段

Table 3 Evolutionary stable strategies and regulatory means of new product promoters under different conditions		
满足条件	ESS	规制手段
$e < g < c$	1	\
$g < e < c$	1	
$e < c < g, y > y_0$	1	
$e < c < g, y < y_0$	0	
1) 提高: $P\tau^2, R_0(\varepsilon), R_1(\varepsilon), D(\tau)$; 降低: $R_0(\tau)$ 2) 增加 y 的初始比例		

注: 因 $e < c$, 故此表中已排除了 $e \geq c$ 的讨论条件

由结果可见,在既定博弈参数下,真实宣传为新产品推广商的优势策略. 1) 当 $g < c$, 即在大 V 不对新产品进行审查的条件下, 推广商真实宣传时的前期推广收益与后期反馈收益之和大于虚假宣传时推广商前期推广收益与后期反馈损失之差, 真实宣传为推广商的 ESS. 2) 当 $g > c$, 即在大 V 不对新产品进行审查的条件下, 虚假宣传时推广商前期推广收益与后期反馈损失之差大于真实宣传时推广商的前期推广收益与后期反馈收益之和, 推广商的 ESS 依赖于 $P\tau^2$, $P\tau^2$ 值越小, 推广商越倾向于选择虚假宣传策略, 反之亦然.

大 V 策略的演化稳定分析: 参照以上分析思想, 当 $x = \frac{f-h}{f-b+d-h}$ 时, $F_2(x, y) = 0$ 所有的 y 均处于稳定状态; 当 $x \neq \frac{f-h}{f-b+d-h}$ 时, 据 $F_2(x, y) = 0$, 可得 $y_1 = 0$ 和 $y_2 = 0$ 为可能的演化稳定状态. 为便于后文分析令 $x_0 = \frac{f-h}{f-b+d-h}$, 同样利用微分方程稳定性定理, 分析使大 V 策略满足 $F_2'(x, y) = (2y - 1)[(h - f) + x(f - b + d - h)] < 0$ 的演化稳定策略(ESS), 即当策略处于非最优状态时对应的规制手段, 结果见表 4.

表 4 不同条件下大 V 的演化稳定策略及相关规制手段

Table 4 Evolutionary stable strategies and regulatory means of influencers under different conditions

满足条件	ESS	规制手段
$h > f, f + d > b + h$	0	1) 提高 $S(\varepsilon), f_2(\beta), S(\tau), f_1(\beta)$; 2) 降低 $C_3(\beta), C_2(\beta)$
$h > f, d < b, x > x_0$	1	\
$h > f, d < b, x < x_0$	0	1) 提高 $S(\varepsilon), f_2(\beta), S(\tau)$; 2) 降低 $C_3(\beta)$ 2) 增加 x 的比例
$h < f, f + d < b + h$	1	\
$h < f, d > b, x > x_0$	0	1) 提高 $f_1(\beta)$; 降低: $C_2(\beta)$ 2) 减少 x 的初始比例
$h < f, d > b, x < x_0$	1	\

由结果可见,在既定博弈参数下,大 V 的策略选择受条件影响较大. 1) 当 $h > f, d > b$ 时, 即当推广商选择虚假宣传时, 大 V 开展审查时获得的心理收益及涉及声誉、关注度增加带来的潜在收益与不开展审查带来涉及声誉、关注度下降带来的潜在损失之和小于开展审查时需付出的审查成本; 当推广商选择真实宣传时, 大 V 开展审查获得的心理收益小于审查成本; 即不论新产品推广商选择虚假或真实宣传, 大 V 选择不审查的收益总是大于选择审查的收益时, 不审查为大 V 的 ESS. 2) 相反, 当 $h < f, d < b$ 时, 即不论新产品推广商选择虚假或真实宣传, 大 V 选择不审查的收益总是小于选择审查的收益时, 审查为大 V 的 ESS. 3) 在新产品推广商不同策略选择下, 大 V 选择审查与不审查策略收益比较不同时, 大 V 的 ESS 取决于 $f_1(\beta)$ 和 $C_2(\beta)$, 当 $f_1(\beta)$ 值越大, $C_2(\beta)$ 值越小, 大 V 越倾向于选择审查策略, 反之亦然.

系统演化稳定分析: 为进一步讨论推广商与大 V 策略交互作用下博弈动态系统的演化机制, 联立两者的复制动态方程, 可求解得到系统 5 个演化稳定均衡点: $O_1(0, 0), O_2(0, 1), O_3(1, 0), O_4(1, 1), O_5(x_0, y_0)$, 当且仅当 $0 \leq x_0, y_0 \leq 1$ 时成立. 利用 Freidman^[28]提出的系统演化稳定计算方法, 通过构建雅克比矩阵来检验均衡点的稳定性, 该博弈系统的雅克比矩阵为

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} (1 - 2x)[(c - g) - y(e - g)] & x(x - 1)(e - g) \\ (f - b + d - h)(y - 1)y & (2y - 1)[(h - f) + x(f - b + d - h)] \end{bmatrix}. \quad (11)$$

该博弈动态系统的最优演化结果是新产品推广商向大 V 真实的揭示其新产品价值, 大 V 在开展产品推广前对产品价值进行审查, 也就是系统收敛于均衡点 $O_4(1, 1)$, 此时需满足的条件是

$$\begin{cases} \det \mathbf{J}(1, 1) = -P\tau^2 [C_2(\beta) - f_1(\beta)] > 0 \\ \text{tr } \mathbf{J}(1, 1) = C_2(\beta) - f_1(\beta) - P\tau^2 < 0. \end{cases} \quad (12)$$

求解式(12)可得 $f_1(\beta) > C_2(\beta), P\tau^2 > 0$. 即当新产品推广商采用真实宣传, 大 V 对新产品进行审查获得的内心踏实与满足的心理收益大于其付出的审查成本; 或当新产品推广商采用虚假宣传且被大 V 审查, 其信誉度、可信度在大 V 心中下降造成潜在损失时, 博弈演化结果为新产品推广商真实宣传, 大 V 开展审查, 点 $O_4(1, 1)$ 是博弈的演化稳定策略 ESS. 此时, 点 $O_4(1, 1)$ 可能并不是系统唯一的演化稳定策略, 为保

证最优演化结果还需满足

$$\begin{cases} R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) \geq R_0(\tau) - D(\tau) \\ S(\varepsilon) + f_2(\beta) + S(\tau) \geq C_3(\beta). \end{cases} \quad (13)$$

对于推广商, 需使真实宣传时推广商的前期推广收益与后期反馈收益之和大于虚假宣传时推广商前期推广收益与后期反馈损失之差; 对于大 V, 当面对推广商的虚假宣传需使大 V 开展审查时获得的心理收益及涉及声誉、可信度增加带来的潜在收益与当不开展审查带来涉及声誉、可信度下降带来的潜在损失之和大于开展审查时需付出的审查成本. 当满足以上条件时, 5 个局部均衡点的稳定性检验如表 5 所示.

表 5 局部均衡点稳定性分析
Table 5 Stability analysis of local equilibrium points

均衡点	$\det \mathbf{J}$	符号	$\text{tr} \mathbf{J}$	符号	结果
$O_1(0, 0)$	$(R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) + D(\tau) - R_0(\tau)) \times (f_2(\beta) - C_3(\beta) + S(\varepsilon) + S(\tau))$	+	$R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) - R_0(\tau) + D(\tau) + S(\varepsilon) + f_2(\beta) - C_3(\beta) + S(\tau)$	+	不稳定
$O_2(0, 1)$	$-P\tau^2(f_2(\beta) - C_3(\beta) + S(\varepsilon) + S(\tau))$	-	$-S(\tau) - S(\varepsilon) - f_2(\beta) + C_3(\beta) + P\tau^2$	不确定	鞍点
$O_3(1, 0)$	$(C_2(\beta) - f_1(\beta)) \times (R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) + D(\tau) - R_0(\tau))$	-	$f_1(\beta) - C_2(\beta) + R_0(\tau) - D(\tau) - R_0(\varepsilon) - R_1(\varepsilon)$	不确定	鞍点
$O_4(1, 1)$	$-P\tau^2(C_2(\beta) - f_1(\beta))$	+	$C_2(\beta) - f_1(\beta) - P\tau^2$	-	ESS
$O_5(x_0, y_0)$	n	不确定	0		鞍点

表 5 中 $n = \frac{P\tau^2(f_2(\beta) - C_3(\beta) + S(\varepsilon) + S(\tau))(C_2(\beta) - f_1(\beta))(R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) + D(\tau) - R_0(\tau))}{(D(\tau) - P\tau^2 + R_0(\varepsilon) + R_1(\varepsilon) - R_0(\tau))(C_2(\beta) - C_3(\beta) - f_1(\beta) + f_2(\beta) + S(\varepsilon) + S(\tau))}$. 因此判断 n 值符号不确定, 但均衡点 O_5 迹为 0, 该点为鞍点. 由检验结果可知, 满足条件(12)和条件(13)后, 该博弈系统存在一个 ESS(O_4), 一个不稳定点 O_1 , 和三个鞍点(O_2, O_3, O_5), 确保了最优策略组合 $\{Q_1, E_1\}$ 的稳定实现.

以上构建了推广商与大 V 之间关于新产品推广的收益矩阵, 利用演化博弈理论探究不同条件下双方策略的演化机理, 并得出最优决策组合(推广商真实宣传; 大 V 尽责审查)实现需满足的条件, 完成了利用大 V 开展新产品推广的第一阶段博弈.

第一阶段博弈中推广商和大 V 的决策将会决定进入网民推广网络中新产品的宣传价值, 而大众感知新产品价值与宣传价值之间偏差将会对网民决策收益造成影响, 即推广商和大 V 在第一阶段的不同决策将会对第二阶段中网民的推广决策行为产生不同影响, 因此在第一阶段博弈确定的新产品宣传价值参数的基础上开展在新产品推广网络中关于网民推广行为的演化的第二阶段博弈.

2.2 第二阶段

本阶段在第一阶段博弈的基础上形成以大 V 为中心的网民间新产品推广影响网络, 以下将基于复杂网络博弈理论, 构建在奖励推荐及大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差的情形下网民间关于新产品推广的第二阶段博弈模型.

大 V 拥有大量追随网民, 一旦大 V 发布有关新产品的推广信息, 就能依靠自身影响力有力推动新产品信息在网民间传播, 形成以大 V 为中心, 其追随网民为受众的新产品推广影响网络, 受众网民通过在网络中的博弈选择是否对新产品进行二次推广形成二级推广网络. 在这个新产品推广影响网络中, 少数网络节点(大 V)拥有大量连接, 而绝大部分节点(普通网民)只有很少连接, 节点度分布服从幂律分布 $P(k) \sim k^{-\lambda}$ 具有异质性, 表现出无标度网络特征, 且国内外研究表明, 现实社交网络具有无标度特性^[29]. 因此, 运用无标度网络来刻画新产品推广影响网络中网民间的信息交互, 仿真分析网络结构与信息交互对网民推荐行为演化的影响机理符合现实情境.

网络结构、博弈模型和演化规则是网络博弈的三个核心要素. 假定网民间新产品推广影响网络是一个具有异质性的无标度网络 $G(V, E)$, V 代表网络中的节点集合, 即博弈主体网民, E 代表网络中边的集合也就是网民间的关系网, 有联系的网民间才能形成边. 给出该网络模型假设如下:

假设 5 新产品推广影响网络中异质性主体是有限理性的, 主体对策略的选择完全基于对该策略损益值的预期, 而并非策略本身的实际损益.

假设 6 因实际网络中信息成本及条件限制, 博弈主体只与领域范围内有直接联系的主体产生信息交互及博弈比较, 即网民博弈范围为邻域, 博弈半径 $r = 1$.

假设 7 博弈主体采用同一策略更新规则, 即博弈主体仅会根据本轮博弈收益来决定下一轮博弈策略, 即记忆长度 $l = 1$.

假设 8 博弈背景是推广商采用奖励推荐机制, 即推广商设置一定额度的物质奖励来刺激网民向邻居扩散新产品信息, 且网民推广时间越早获得的奖励越大, 目的是短时间内促进新产品的推广.

假设 9 网民面对新产品推广有两种策略选择: 1) 推广: 网民为获得推广商给出的较高推荐奖励在大 V 发布新产品推广信息后短时间内作出二次推广的决策. 2) 观望: 新产品无成熟的市场口碑反馈, 且个体对新产品的感知价值与宣传价值可能存在偏差, 因此网民短时间内向粉丝推广新产品存在一定风险(比如声誉, 可信度损失), 部分网民选择观望, 这部分网民待进一步评估推广人的收益后, 再选择是否开展二次推广.

由于个体的成长环境、教育背景、经历等存在差异, 因此网民具有个体异质性. 面对奖励推荐及大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差情形下的新产品推广, 不同的网民会有不同的策略选择, 且个体的不同策略对网络中其他个体的策略选择影响不同. 新产品推广策略往往与网民自身利益有关, 如推荐奖励金额等直接经济利益, 或个体声誉、关注度、可信度等虚拟利益. 他们对新产品推广的态度正体现了他们的利益诉求, 均是为了实现自身利益最大化, 以下是网民在不同情形下的收益情形.

情形 1 当网民 A 的邻居网民 B 选择推广策略, 网民 A 也选择推广策略时. 网民 A 会获得初期较高的单位奖励推荐收益 W_h ($0 < W_h$); 因网民 A、网民 B 都采取推广策略会增强推广效果, 推广商会给予网民 A、网民 B 单位额外奖励 b ($0 < b < W_h$); 由于新产品无成熟的市场口碑反馈, 且个体感知新产品价值与产品宣传价值有偏差, 因此网民 A 需承担在初期推广新产品给自己声誉和可信度带来的风险 $(\theta - P)S$, S ($0 < S$) 表示决策主体的声誉和可信度, θ ($0 \leq \theta \leq 1$) 表示大众感知新产品价值好坏程度, P ($0 \leq P \leq 1$) 表示新产品的宣传价值好坏程度, $(\theta - P)$ 即为大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差的程度 $(\theta - P) \in [-1, 1]$, 其中区间 $[-1, 0)$ 表示大众感知新产品价值低于其宣传价值, 此时网民 A 承担负向损失 $(\theta - P)S$, 区间 $(0, 1]$ 表示大众感知新产品价值高于其宣传价值, 此时网民 A 收获正向收益 $(\theta - P)S$; 除此之外网民 A、网民 B 向各自粉丝推广新产品还需付出推广成本, C_5 ($0 < C_5$) 为单位推广成本; 结合实际易知 $W_h, b, (\theta - P)S, C_5$ 值均与网民 A 的粉丝数 X_A ($0 < X_A$) 成正相关, 因此该情景下网民 A 的收益为 $X_A [W_h + b + (\theta - P)S - C_5]$.

情形 2 当网民 A 的邻居网民 B 选择推广策略, 而网民 A 选择观望时. 网民 A 在新产品推广后期会根据网民的推广收益及新产品口碑信息决定是否二次推广新产品, 若网民前期推广收益及新产品口碑信息较好, 则网民选择继续推广, 此时网民将获得推广后期稍低的奖励推荐收益 W_1 ($0 < W_1 < W_h$) 由声誉和可信度提升带来的收益, 同时网民 A 将付出推广成本及搜集网民 B 收益及新产品口碑信息的一次性学习成本 C_6 ($0 < C_6$), 同样 W_1, S, C_5 与网民 A 的粉丝数 X_A (影响力) 成正相关; 若网民 B 的推广收益及新产品口碑不好, 网民 A 选择不推广, 此时收益为 0. 综上该情形下网民 A 的收益为 $X_A (W_1 + S - C_5) - C_6$.

情形 3 当网民 A 的邻居网民 B 选择观望策略, 而网民 A 选择推广时. 同情形一相比, 网民 A 除不能获得单位额外奖励 b , 其余损益均相同. 故该情形下网民 A 的收益为 $X_A (W_h + (\theta - P)S - C_5)$.

情形 4 当网民 A 的邻居网民 B 选择观望策略, 同样网民 A 也选择观望时, 双方收益均为 0.

根据以上描述, 建立网民 A 的博弈收益矩阵如表 6 所示.

表 6 网民 A 博弈收益矩阵
Table 6 Game pay off matrix of netizen A

网民 B	网民 A	
	推广	观望
推广	$X_A [W_h + b + (\theta - P)S - C_5]$	$X_A (W_1 + S - C_5) - C_6$
观望	$X_A [W_h + (\theta - P)S - C_5]$	0

以无标度网络为载体, 构建网民间新产品推广网络演化模型规则如下:

网民博弈规则: 在每一演化周期 t , 任意网民根据以上四种收益情形与其博弈半径 r 内所有邻域个体进行博弈, 其收益为与每个邻居个体博弈收益的累积加和为^[30]

$$R_i = \sum_{j \in N_i} \mathbf{x}_i^T \mathbf{M} \mathbf{x}_j, \quad (14)$$

其中 R_i 即为网民 i 该轮博弈总收益, $\mathbf{x}_i$ 表示策略向量 $(0, 1)^T$ 和 $(1, 0)^T$. 若 $\mathbf{x}_i = (1, 0)^T$, 表示网民 i 选择推广策略; 若 $\mathbf{x}_i = (0, 1)^T$ 表示网民 i 选择观望策略. $\mathbf{M}$ 为网民收益矩阵, N_i 表示网民 i 的邻居集合, $j \in N_i$ 表示网民 j 为网民 i 的一个邻居.

策略更新规则 现有研究中, 博弈个体策略调整的动力学规则主要有模仿最优、复制动力学、基于 Moran 过程的自然选择及费米过程(Fermi process)^[31]. 因前三种方法分别具有忽视个体的有限理性及决策过程中的不确定性、对结果进行归一化处理、不考虑个体和网络异质性等缺点, 而 Fermi 规则却不仅克服了这些缺陷还因引入噪声参数所以适用于刻画网民在不确定情形下非理性的概率模仿和选择, 因此本文采用 Fermi 规则, 其表达式为^[30]

$$P_{s_i \rightarrow s_j} = \frac{1}{1 + \exp[(R_i - R_j)/\omega]}, \quad (15)$$

其中 $P_{s_i \rightarrow s_j}$ 表示网民 i 下轮博弈采用网民 j 策略的概率, R_i 和 R_j 分别表示网民 i 和网民 j 在上轮博弈中的收益, $\omega \in [0, 1]$ 表示环境噪声, 可以理解为网民 i 准确获取网民 j 上轮博弈收益进行收益比较的难度, ω 值越趋于 0, 博弈主体越能作出理性选择, 文中 ω 初始取值为 0.1. 新产品推广网络中所有网民都按照以上博弈规则和策略更新规则进行策略演化, 直到所有策略都达到稳定状态.

3 数值仿真分析

为进一步探究在大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差情形下, 新产品推广网络中网民关于新产品推广博弈行为的演化规律, 利用复杂网络博弈多 Agent 仿真技术, 分析相关推广网络参数及博弈收益参数对网民推广策略的影响, 并对应提出能有效促进优质新产品推广的措施.

3.1 仿真具体步骤

步骤 1 利用复杂网络仿真方法, 构建以 2 个大 V 为中心其粉丝为受众的网民间新产品推广无标度网络 $G(V, E)$.

步骤 2 结合实际, 按比例分配网民初始策略.

步骤 3 参照式(14), 计算所有网民节点与邻居节点该轮博弈累积收益.

步骤 4 参照式(15), 对所有网民策略进行调整更新.

步骤 5 重复步骤 3 和步骤 4, 直到所有网民策略均演化至最终稳定状态.

步骤 6 统计分析系统最终稳态时, 网民策略分配比例, 并探讨相关参数对演化结果的影响.

3.2 初始参数设置

网络参数设置: 在网络 G 中, 依据无标度网络拓扑特征设总节点数 $V = 10\ 000$ 初始网络聚集系数 $C = 0.2$. 在网民新产品推广二级网络中, X_i 为网民 i 的粉丝数(可理解为节点 i 的度), 本文将二级推广网络中的网民按粉丝数分为三类, I 类: $k_i \leq 100$; II 类: $100 < k_i \leq 200$; III 类: $200 < k_i$.

网民收益参数初始值设置: 依据前文基于实际对参数取值范围的划定结果, 并结合 Ryu 等^[32]和周丹等^[32]对推荐奖励力度及策略的研究确定参数 W_h, W_l, b, C_6 ; 再依据 Lobel 等^[34]推荐心理效用的研究确定参数 S . 故 $W_h = 50, b = 10, \theta = 0.2, P = 0.1, S = 60, C_5 = 10, W_l = 25, C_6 = 15$, 其中将 $\theta - P$ 的初始值设为 0.1, 是考虑到经过新产品推广商和大 V 第一阶段博弈后, “货真价值”的新产品进入推广市场且现实情

境中新产品普遍优于传统产品,因此假设大众感知新产品价值与宣传价值的偏差为0.1,且将各初始值代入表6核算可发现结果使网民之间存在严格博弈关系,故参数的整体初始取值是合理的。

网民初始博弈策略设置:结合新产品推广初期大部分网民趋于选择观望策略的实际,故设置选择观望的网民比例 $q = 0.7$,选择推广的比例为 $p = 0.3$ 。

仿真过程中,除被分析参数外,其余参数保持初始值不变。且仿真部分着重探究当 $\theta - P > 0$ 时,各参数变化对网民推广策略的影响,旨在在大众感知新产品价值与宣传价值存在偏差的情形下提出促进网民对优质新产品采取推广策略的措施。

3.3 推广网络规模及聚集系数对网民策略演化的影响

为探究推广网络规模及聚集系数对网民策略演化的影响,本文分别选取不同的网络规模和聚集系数作仿真分析。其仿真结果如图2和图3所示。

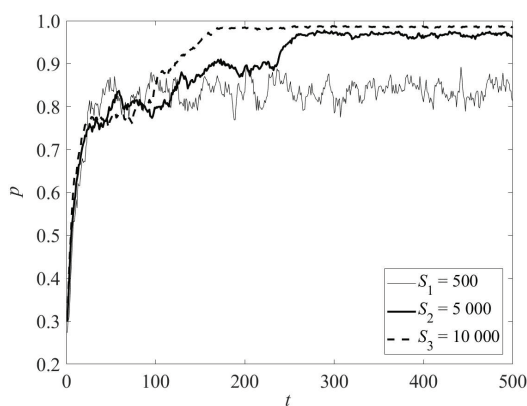


图2 不同网络规模对网民策略演化的影响

Fig. 2 The effect of different network scale on the evolution of netizen's strategies

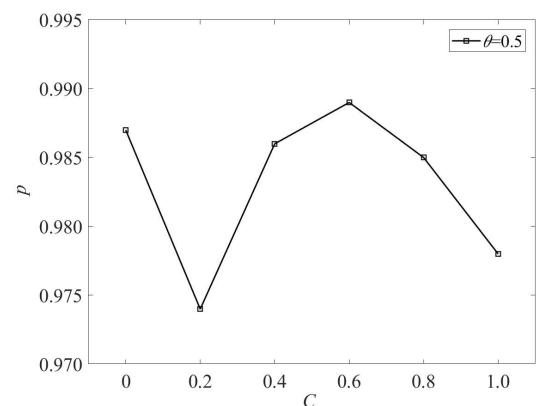


图3 不同网络聚集系数对网民策略演化的影响

Fig. 3 The effect of different clustering coefficient on the evolution of netizen's strategies

图2中横坐标变量 t 表示博弈时间,纵坐标变量 p 表示网民选择推广策略的比例。图中 $S_1 : V = 10\ 000$; $S_2 : V = 5\ 000$; $S_3 : V = 500$ 分别表示3种不同的网络规模。从结果可看出,不同推广网络规模对网民策略演化会产生不同影响。在演化初期($t = 0 \sim 84$),较小网络规模($V = 500$)的网民推广策略演化速度快于较大网络规模,但在演化后期网民推广策略演化波动较大很难收敛于一个稳定值。反之,网络规模越大($V = 5\ 000$, $V = 10\ 000$)越能收敛到推广比例更高的均衡状态即推广演化深度越大。究其原因,在较小推广规模网络中,网民邻居相对较少,故网民进行收益比较和策略学习的过程更简单,因此网络能在演化初期较快达到较高的推广比例,但后期由于网络规模限制,网民间信息交互不完全,新产品价值没得到有效揭露,因此网民在这种不确定条件下策略演化波动较大很难收敛。而网络规模越大,网民间发生更多的信息交互,随着新产品价值的大量披露,不确定性消除,网民越倾向于选择推广策略。

推广网络聚集系数是指网络中网民相互连接结成团的程度,代表整个网络的连通度。图3为当 $\theta = 0.5$ 对不同推广网络聚集系数进行仿真分析,在仿真500次后网民策略达到动态均衡时取最后50次网民平均推广比例所得结果。当 $\theta = 0.5$,即大众感知新产品较好,网络聚集系数从0增加至0.2及从0.6增加至1时,网民选择推广的比例 p 均有所下降,而 C 从0.2增至0.6时, p 值上升。究其原因, C 越小整个网络的连通度就越小,网民间结成团的概率也越小。当 $C = 0$ 时,表明此时网络中各节点均为孤立节点,且因 $\theta = 0.5$,大部分网民通过自身的试错、学习均会选择博弈收益较高的推广策略,但随 C 突然增至0.2,推广网络中开始出现“小团体”,这会使部分选择观望的网民利用在“小团体”中的影响力,让选择观望的网民数量增加,故 p 值明显下降。随 C 继续增大(0.2~0.6),网络中可能会出现几个规模较大的“小团体”,此时网络连通度较高,随新产品较好的信息被逐渐披露,通过这几个“小团体”内部信息的交互,能迅速促进 p 值回弹上升。但当 C

继续增大(0.6 ~ 1)超过某个阈值, 这会使新进入网络的个体更少地连接到较高连接度的个体上, 前面几个“小团体”的规模分散变小, 导致团体中选择推广策略的“意见领袖”的示范作用被削弱, 从而使其团体邻居采取推广策略的可能性降低, 故 p 值随之下降. 总之, 推广网络聚集系数对网民推广策略的影响并不满足单调性, 但会存在一个最优的推广网络聚集系数使博弈演化结果达到最高的网民推广比例.

3.4 第一阶段博弈及粉丝数对网民策略演化的影响

第一阶段的博弈结果及二级推广网络中的粉丝数均会影响网民的推广收益而进一步影响其推广策略演化, 为探究两者对网民策略的影响机制, 先作如下分析: 第一阶段博弈中新产品推广商与大 V 的决策决定了进入网民推广网络中新产品的宣传价值, 而大众感知新产品价值与宣传价值之间的偏差会对网民策略演化产生影响. 假设新产品的宣传价值参数 $P = (1 - x)(1 - y)$, 其中 $P \in [0, 1]$, P 值越小, 表明新产品的宣传价值越趋近于真实价值, 反之, 则越偏离真实价值. 例如, 当推广商选择真实宣传 $x = 1$ 、大 V 选择审查 $y = 1$ 时, $P = 0$, 此时新产品宣传价值趋近于真实价值. 因此为探究推广商及大 V 决策对网民推广策略的影响, 且依据第一阶段博弈得出的推广商相较于大 V 更倾向于选择诚信决策的结论(即 $x > y$), 据此对 x 和 y 由大到小取了四组数值作仿真分析, 不同的取值代表推广商及大 V 不同的决策情形且也能避免结果的偶然性. 对于网民粉丝数的影响机制探究则基于前文由粉丝数划分的三种网民类型开展仿真分析, 最终的仿真结果如图 4 和图 5 所示.

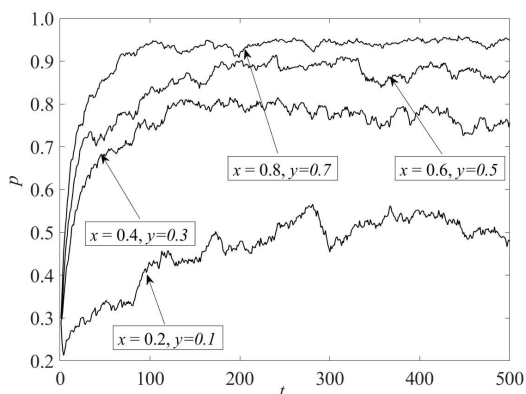


图 4 推广商及大 V 决策对网民策略演化的影响

Fig. 4 The effect of products promoter and influencers' decision on the evolution of netizen's strategies

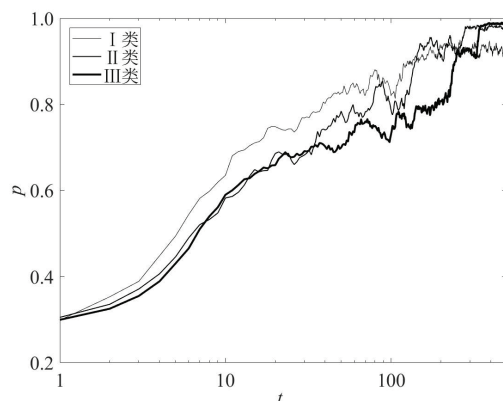


图 5 网民粉丝数对网民策略演化的影响

Fig. 5 The effect of number of netizens' fans on the evolution of netizen's strategies

由图 4 可知, 推广商及大 V 的决策在一定程度上决定了网民最终的策略选择. 易见随着推广商选择虚假宣传的概率及大 V 选择不审查的概率增加(即 x 和 y 值降低), 新产品的宣传价值参数 P 逐步偏离真实价值(P 值增大), 而大众对新产品的价值感知一般稳定于新产品真实价值附近(θ 值较为固定), 自然 $\theta - P$ 的值落在区间 $[-1, 0]$ 的概率随之增大, 此时大众感知新产品价值远低于其宣传价值, 这给选择推广策略的网民造成的声誉损失越来越大, 因此随时间演化, 网民就越来越倾向于选择观望策略. 同时可以发现一旦大众感知新产品价值低于宣传价值带来的损失超过某个阈值时, 网民选择推广策略的比例将大幅度减少.

而由图 5 可见, 在演化前期网民推广策略的演化速度 III 类 $<$ II 类 $<$ I 类, 这主要是因为网民粉数量越多其采用推广策略在大众感知新产品价值与宣传价值可能存在偏差的背景下会承担更大的信誉风险损失, 因此网民粉丝数越多在前期越倾向于选择观望策略. 而到了演化后期, 网民收敛到均衡策略的速度及推广策略演化深度 III 类 $>$ II 类 $>$ I 类, 随时间演化新产品较好的信息被逐渐披露且因网民粉丝数越大, 即网民在二级推广网络中的影响力越大, 在奖励推荐机制的激励下, 粉丝数越多的网民类型越倾向于采取推广策略以获得由自己在二级推广网络中高影响力带来的高收益, 并同时影响周围的邻居节点也选择推广策略. 这说明在优质新产品推广过程中可以利用那些粉丝数相对较少的网民开展前期推广宣传, 增大推广网络中

推广策略的演化速率;随着优质产品信息的逐渐披露,这时可利用粉丝数相对较多的网民开展推广宣传,以扩大新产品的市场推广深度。

4 结束语

本文基于演化博弈及复杂网络博弈理论,构建了社交网络中关于新产品推广的两阶段博弈模型,探究了在新产品宣传价值不确定且与大众感知价值存在偏差条件下社交网络中新产品推广策略的演化机理。研究表明,真实宣传为新产品推广商的优势策略,而大V审查策略的选择受收益条件影响较大,需加以合理引导;网民推广策略的演化深度与推广网络规模和粉丝数成正比,而演化速度与两者成反比,且存在一个最优的推广网络连通度可使网民推广比例达最大值;大众感知新产品价值与宣传价值间的偏差大小决定了网民推广策略的演化方向,满足大众需求的优质新产品是取得良好推广效果的基础,新产品推广商应真实宣传新产品价值,切忌使大众感知新产品价值与宣传价值偏差过大。

社交商务背景下的新产品扩散问题还是一个较新的研究课题,本研究对从微观层面理解社交网络中新产品推广策略演化具有较好的理论价值,亦可为社交网络中新产品营销决策提供一定的参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 王宗水,赵红,赖正文,等.基于改进 SIR epiDEM 模型的社会网络营销有效性及仿真.系统工程理论与实践,2016,36(8): 2024–2034.
Wang Z S, Zhao H, Lai Z W, et al. Improved SIR epiDEM model of social network marketing effectiveness and experimental simulation. Systems Engineering: Theory & Practice, 2016, 36(8): 2024–2034. (in Chinese)
- [2] 刁雅静,何有世,盛永祥.社交网络情景下新产品扩散的两阶段模型:微信与微博的对比研究.软科学,2017,31(10): 119–123.
Diao Y J, He Y S, Sheng Y X. Two stage model of new product diffusion in social networks: A comparative study of WeChat and Microblog. Soft Science, 2017, 31(10): 119–123. (in Chinese)
- [3] Ahn H J. A new similarity measure for collaborative filtering to alleviate the new user cold-starting problem. Information Sciences, 2008, 178(1): 37–51.
- [4] Fader P S, Winer R S. Introduction to the special issue on the emergence and impact of user generated content. Marketing Science, 2012, 31(3): 369–371.
- [5] Zhou L, Zhang P, Zimmermann H D. Social commerce research: An integrated view. Electronic Commerce Research & Applications, 2013, 12(2): 61–68.
- [6] Lee B K, Lee W N. The effect of information overload on consumer choice quality in an on-line environment. Psychology & Marketing, 2010, 21(3): 159–183.
- [7] Kasabov E. What we know, don't know, and should know about confusion marketing. European Journal of Marketing, 2015, 49(12): 1777–1808.
- [8] 陶晓波,张欣瑞,杨建坤,等.在线评论、感知有用性与新产品扩散的关系研究.中国软科学,2017(7): 162–171.
Tao X B, Zhang X R, Yang J K, et al. Online reviews, perceived usefulness and new product diffusion. China Soft Science, 2017(7): 162–171.
- [9] Kariyawasam K, Wigley S. Online shopping, misleading advertising and consumer protection. Information & Communications Technology Law, 2017, 26(2): 73–89.
- [10] 胡春华,童小芹,梁伟.基于信任和不信任关系的实值受限玻尔兹曼机推荐算法.系统工程理论与实践,2019,39(7): 1817–1830.
Hu C H, Tong X Q, Liang W. The real-value restricted Boltzmann machine recommendation algorithm based on trust-distrust relationship. Systems Engineering: Theory & Practice, 2019, 39(7): 1817–1830. (in Chinese)
- [11] Wu F, Swait J, Chen Y. Feature-based attributes and the roles of consumers' perception bias and inference in choice. International Journal of Research in Marketing, 2019, 36(2): 325–340
- [12] Elster A, Sagiv L. Values and susceptibility to perception bias: The case of benevolence values and the halo effect. International Journal of Psychology, 2016, 51(7): 1044–1049

- [13] Hu H H, Lin J, Qian Y J, et al. Strategies for new product diffusion: Whom and how to target. *Journal of Business Research*, 2018, 83: 111–119.
- [14] Bass F M. A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, 1969, 50(12): 1825–1832.
- [15] Niu S C. A piecewise-diffusion model of new-product demands. *Operations Research*, 2006, 54(4): 678–695.
- [16] Kiesling E. Agent-based simulation of innovation diffusion: A review. *Central European Journal of Operations Research*, 2012, 20(2): 183–230.
- [17] 张金隆, 吴 翔, 徐浩轩. 易变质新产品定价与补货联合决策模型. *系统工程学报*, 2018, 33(1): 79–89.
Zhang J L, Wu X, Xu H X. A joint pricing and replenishment decision model for new products with deterioration. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(1): 79–89. (in Chinese)
- [18] Mellor A, Mobilia M, Redner S, et al. Influence of Luddism on innovation diffusion. *Physical Review E*, 2015, 92(1): 1–8.
- [19] 于同洋, 肖人彬, 龚晓光. 基于多智能体的网游产品扩散特性. *系统工程理论与实践*, 2010, 30(5): 919–927.
Yu T Y, Xiao R B, Gong X G. Net game diffusion characteristics based on multi-agent. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2010, 30(5): 919–927. (in Chinese)
- [20] 张 廷, 高宝俊, 宣慧玉. 基于元胞自动机的创新扩散模型综述. *系统工程*, 2006, 24(12): 6–15.
Zhang T, Gao B J, Xuan H Y. A review of innovation diffusion models based on cellular automata. *Systems Engineering*, 2006, 24(12): 6–15. (in Chinese)
- [21] Goldenberg J, Libai B, Muller E. Talk of the network: A complex systems look at the underlying process of word-of-mouth. *Marketing Letters*, 2001, 12(3): 211–223.
- [22] 危小超, 李岩峰, 聂规划, 等. 基于后悔理论与多 Agent 模拟的新产品扩散消费者决策互动行为研究. *中国管理科学*, 2017(11): 66–75.
Wei X C, Li Y F, Nie G H, et al. Research on consumer decision-making interaction behavior in new product diffusion based on regret theory and multi-agent simulation. *Chinese Journal of Management Science*, 2017(11): 66–75. (in Chinese)
- [23] 那日萨, 崔雪莲. 社交网络商品在线口碑情感信息传播模型研究. *系统工程学报*, 2019, 34(3): 324–334.
Na R S, Cui X L. Research on online word-of-mouth sentiment information diffusion model of commercial products. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(3): 324–334. (in Chinese)
- [24] 段文奇, 陈 忠, 惠淑敏. 基于复杂网络的网络市场新产品扩散: 和初始条件的作用. *系统工程*, 2007, 25(5): 15–19.
Duan W Q, Chen Z, Hui S M. Diffusion of new products in network markets based on complex networks: The role of adoption network and initial conditions. *Systems Engineering*, 2007, 25(5): 15–19. (in Chinese)
- [25] 赵良杰, 武邦涛, 段文奇, 等. 消费者交互作用对网络效应产品扩散的影响: 基于产品生命周期的视角. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(1): 67–75.
Zhao L J, Wu B T, Duan W Q, et al. The influence of customer interactions on the diffusion of products with networks effects: A view based on product life cycle. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2012, 32(1): 67–75. (in Chinese)
- [26] 黄琦玮, 张玉林. 动态消费者社交网络中产品扩散研究. *系统工程学报*, 2019, 34(4): 433–444.
Huang Q W, Zhang Y L. Product diffusion in dynamic consumer social networks. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(4): 433–444. (in Chinese)
- [27] Taylor P D, Jonker L B. Evolutionarily stable strategies and game dynamics. *Mathematical Biosciences*, 2010, 40(1/2): 145–156.
- [28] Friedman D. On economics applications of evolutionary game theory. *Journal of Evolutionary Economics*, 1998(8): 15–3.
- [29] 徐建中, 朱晓亚, 贯 君. 基于演化博弈的制造企业研发团队知识转移网络演化. *系统工程学报*, 2018, 33(2): 3–14.
Xu J Z, Zhu X Y, Guan J. Evolution of knowledge transfer network of R&D team in manufacturing enterprises based on evolutionary game theory. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(2): 3–14. (in Chinese)
- [30] 谢逢洁, 武小平, 崔文田, 等. 博弈参与水平对无标度网络上合作行为演化的影响. *中国管理科学*, 2017, 25(5): 116–124.
Xie F J, Wu X P, Cui W T, et al. The effect of player participation on the evolution of cooperative behaviors in scale-free networks. *Journal of Management Science*, 2017, 25(5): 116–124. (in Chinese)
- [31] 汪小帆, 李 翔, 陈关荣. 网络科学导论. 北京: 高等教育出版社, 2012.
Wang X F, Li X, Chen G R. An Introduction to Network Science. Beijing: Higher Education Press, 2012. (in Chinese)
- [32] Ryu G, Feick L. A penny for your thoughts: Referral reward programs and referral likelihood. *Journal of Marketing*, 2007, 71(1): 84–94.
- [33] 周 丹, 姚 忠, 窦一凡. 消费者预算约束对推荐奖励策略的影响研究. *管理科学学报*, 2017, 23(8): 15–24.
Zhou D, Yao Z, Dou Y F. Effects of consumers' budget constraint on the referral reward program. *Journal of Management Sciences in China*, 2017, 23(8): 15–24. (in Chinese)