

基于多 Agent 和改进 Deffaunt 模型的信息传播建模与仿真^①



王 润, 赵 军

(宁夏大学 信息工程学院, 银川 750021)

通讯作者: 赵 军, E-mail: wwwzhaojun@163.com

摘 要: 研究社会化营销中的信息传播对提出合理策略建议、提升企业竞争力有重要意义. 信息传播是一个存在个体交互的复杂过程, 多数信息传播模型中对现实情况做了较多的简化, 没有考虑个体的异质属性对信息传播的影响, 也无法体现个体间的交互, 本文从复杂系统的角度研究信息传播过程, 运用多 Agent 方法建立信息传播模型, 并基于改进的 Deffaunt 模型建立多 Agent 交互机制, 通过模拟仿真分析了不同因素对信息传播的影响, 发现个体的异质属性、个体间的相互影响力以及外界环境的因素对信息传播的速度和范围均有一定的影响..

关键词: 社会化营销; 信息传播; 多 agent; 交互; 仿真

引用格式: 王润, 赵军. 基于多 Agent 和改进 Deffaunt 模型的信息传播建模与仿真. 计算机系统应用, 2021, 30(2): 237-242. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7797.html>

Modeling and Simulation of Information Dissemination Based on Multi-Agent and Improved Deffaunt Model

WANG Run, ZHAO Jun

(College of Information Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Studying the information dissemination in social marketing is of great significance in putting forward reasonable strategy suggestions and enhancing the competitiveness of enterprises. Information dissemination is a complex process that involves individual interaction. Most information dissemination models simplify the reality, failing to consider the influence of individual heterogeneity on information dissemination, nor can they reflect the interaction between individuals. This work studies the information dissemination process from the perspective of a complex system, uses the multi-Agent method to establish the information dissemination model, and builds the multi-Agent interaction mechanism based on the improved Deffaunt model. Also, this study analyzes the influence of different factors on information dissemination through simulation, and finds the individual heterogeneous attributes, mutual influence between individuals, and external environmental factors all have influence on the speed and scope of information dissemination.

Key words: social marketing; information dissemination; multi-Agent; interaction; simulation

在线社交平台是人们日常生活中使用最为普遍的应用软件, 基于社交媒体平台的社会化营销也成为了现代化社会中企业必不可少的营销方式. 研究企业社会化营销背景下的信息传播对于企业在制定营销策

略、广告投放、舆情监控、精准营销等方面都有着重要意义.

由于和传染病传播的过程非常相似, 所以对于信息传播过程的研究通常基于传染动力学模型展开, 如

① 基金项目: 国家自然科学基金 (71461025)

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (71461025)

收稿时间: 2020-06-27; 修改时间: 2020-07-27; 采用时间: 2020-08-10; csa 在线出版时间: 2021-01-27

SIS^[1]、SIR^[2]等。该类模型为数理模型,通过将信息传播分为几个不同阶段,并用微分方程作为理论基础来描述传播行为。传播模型对现实情况做了一定的简化,无法满足快速发展时代的研究需求,因此学者们结合现实情况,并基于具体的研究背景和情境,对个体状态以及属性的分析将信息传播阶段进行进一步的划分,建立了许多新的信息传播模型,如SEIR^[3]、SCIR^[4]等。然而改进模型仍属于数理模型,通常不考虑参与个体本身的一些属性以及环境因素对信息传播过程的影响^[5],模型的仿真结果也通常只展现了宏观的信息传播规律,没有反映出过程中的个体交互,从而无法准确刻画企业社会化营销背景下的信息传播与演化。

信息传播是一个比较典型的复杂系统演化过程,其中的个体具有思考、决策能力,在社会关系网络中,个体间的交互是必然存在的,因此在社会化营销背景下的信息传播过程也涉及到个体的选择决策以及个体交互过程。研究发现,个体会对新发布的信息产生一个初始观点,并且在和其他个体的交流互动过程中不断进行观点的调整^[6,7],因此在信息传播过程中,个体之间会进行非线性观点交互,并以内部观点的变化为驱动力而形成外在对信息的处理决策,进而形成了宏观上的复杂信息传播过程,因此有必要借助观点交互模型建立交互机制,从而更好地还原信息传播过程中的个体交互过程。对于观点演化的研究,更多都基于连续观点模型展开^[8,9]。观点体现了个体的选择倾向性,而个体的选择倾向性不是阶跃变化的,在复杂环境中的个体是否选择传播信息,往往经历了潜移默化的过程会产生最终的选择^[10],连续观点更能体现个体内部观点循序渐进的变化过程,因此,本文也基于连续观点模型对信息传播过程中个体观点的演化进行研究。

多Agent方法能够建立具有自主性和一定行为的个体模型,并通过设定一些规则让系统在一定环境下自发演化,然后考察系统演化过程中涌现出来的若干性质。这种基于局部个体空间相互作用的模型,是研究复杂系统整体行为的有效手段,在研究信息传播问题上具有显著优势。

本文构建的信息传播模型基于复杂系统建模思想,综合考虑社会化营销中的个体属性、环境等因素,改进Deffaut经典观点交互模型,细粒度地刻画个体异质特征和个体间的交互,建立有效的信息传播多Agent仿真模型,从而对自主性个体的异质性、个体间的复杂交互等多方面因素对信息传播过程的影响进行研究。

1 多Agent模型研究

1.1 信息传播过程分析

本文首先借鉴动力学模型的建模思想,对社会化营销背景下的信息传播过程进行分析,将其用不同个体状态之间的转换来表示,并考虑个体属性、环境等多种因素构建更为准确的多Agent信息传播模型。

社会化营销通常以各类社会化媒体平台为载体而进行,平台一般提供了多种信息传播渠道,因此用户接触信息也就有了多种方式。以微博为例,在微博中,企业发布信息有不同渠道,比如微博入口、大视窗等的广告推送,另外微博还通过与一些“大V”用户合作让其帮助信息的传播扩散,而这些“大V”用户都可以看作传播态个体,其它的广告机制则可以统一看作存在于营销环境中的广告信息,因此在微博情境下的用户的信息接触模式有两种:接触传播态个体和接触环境中的信息。不同于传播态个体,环境中的信息不具有自主性,而是在环境中的某个地方固定存在。

为了更直观地区分两种信息接触模式,将未知态的个体进行进一步划分,使信息传播中存在两种通过不同方式获知信息的未知态用户。现实世界中的个体通常为具有决策能力和选择行为的理性个体,所以未知态个体获知信息后,称为观望态个体,观望态个体受到多种因素的影响,进行综合决策后发生内在观点的转变,进而成为传播态个体,传播态个体停止传播信息后,成为免疫态个体。

为了方便表示,将不同的状态用不同的符号代替: S1: 未知态 1; S2: 未知态 2; O: 观望态; I: 传播态; R: 免疫态。综上所述,社会化营销中用户的状态的变化过程如图1所示。

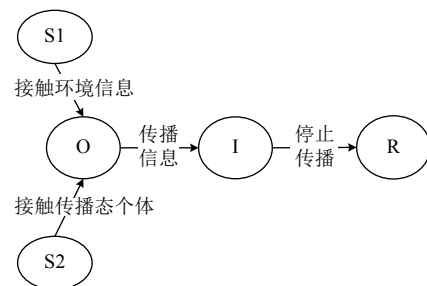


图1 企业社会化营销中的信息传播过程

1.2 多Agent总体模型

本文用多Agent建模与仿真的方法研究信息传播,把用户在现实世界参与社会化营销而出现的状态转换过程作为原型系统,结合已有知识和经验,通过对原型

系统的分析,确定主体种类,外部环境以及系统边界,从而形成一个初始的系统总体模型.结合2.1小节对信息传播过程的分析,本文设计多Agent系统模型如图2所示.

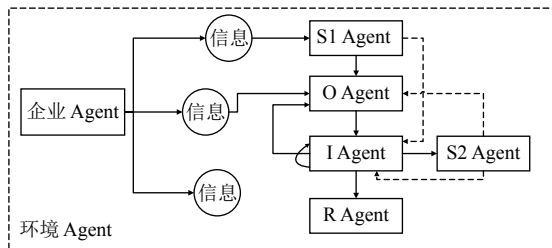


图2 多Agent总体模型

多Agent模型继续沿用2.1小节中的用户状态分类,另外基于对企业社会化营销原型系统的分析,还考虑到了实际情况中的信息发布者—企业,以及包含了所有企业和用户个体在内的环境.模型中,所有Agent都存在于环境Agent中,企业作为信息源,发布信息到环境中,不同状态的用户根据一定的规则发生状态改变.可以看到,总体模型中各个离散的系统成员通过信息传播机制被组织起来,形成相互联系的动态松散多Agent组织结构.

总体模型由4部分组成:(1)不同状态的用户个体Agent;(2)环境Agent;(3)企业Agent;(4)主体关系.

用户Agent由个体标识、属性、规范库、行为组成,具体表示为<ID, Name, Attributes, Norm Base, Behaviors>.

企业Agent和环境Agent主要由属性和行为组成,具体表示为<Name, Attributes, Behaviors>.

主体关系是模型中主体之间的交互关系,如模型中的实线表示主体间信息传播的方向,虚线表示主体间的状态转换关系.

本文对多Agent模型做以下几点假设:

- (1) 本模型不局限于某一特定行业市场;
- (2) 假设在整个过程中无新个体的产生和旧个体的消失,个体数量为恒定值.

2 交互机制研究

2.1 观点交互模型的改进

(1) Deffaunt模型

Deffaunt模型是一种连续观点模型中的两两交互模型,模型遵循有限信任原则,认为两个个体的观点差

值在规定的范围内才可以进行观点交互,在某一时刻,一个个体与另一个可交互个体进行交互,并将当前时刻的自身的观点值与其邻居观点值的差值之和作为下一时刻的观点值.在社会关系网络中个体之间通常是进行点对点式的交流,而非群体交流,已有的研究中个体观点的演化一般也基于Deffaunt模型进行研究^[10-12],所以本文后续将基于Deffaunt模型来研究多Agent模型中从观望到传播过程的个体交互机制.

设个体*i*的观点在当前时刻*t*表示为 $op_i(t)$,另一个可交互个体*j*的观点在当前时刻*t*表示为 $op_j(t)$,发生交互后,在*t+1*时刻,个体*i*的观点如下式:

$$op_i(t+1) = op_i(t) + \mu \cdot [op_j(t) - op_i(t)] \quad (1)$$

式中,收敛参数 μ 表示个体*i*对邻居个体*j*的信任程度,反映了观点更新的速度.

(2) Deffaunt模型

传统Deffaunt模型中的恒定值 μ 作为收敛参数,反映了个体对另一个个体的观点影响力,而在实际的交互情形中,异质个体间的观点影响力并不对等,因此须考虑多方面因素,给出相应的函数来更为准确的描述观点影响力.

由于受到个体年龄、性格、心理、地位和对信息的掌握、分析能力等因素的影响,导致不同的人对自己观点的坚持程度有所不同,在群体内部甚至会存在观点极难或者极易改变的极端个体.为此本文给每个个体设定一个观点的“坚定程度”,用 $insist$ 来表示.

在现实生活中经常存在着“人以群分”的现象,具有一定相似性的个体彼此通常会有较高的信任度,所以本文引入信任因子,来衡量人际间的相互信任程度.用 $trust$ 来表示信任程度, op_i 表示个体*i*的观点值, op_j 表示个体*j*的观点值,信任程度具体表达式如下:

$$trust = 1 - |op_j - op_i| \quad (2)$$

个体的影响力是研究社会关系网络中信息传播时经常被考虑到的因素^[13-15],在社会化营销背景下,社会化媒体平台中的个体通常也都有着不同的影响力,影响力高的个体通常有庞大的粉丝基数,信息受众面比较广,影响力对信息传播有着重要影响,因此本文也对个体影响力加以考虑,并用 aut 表示.

综上,本文在综合考虑信任程度、观点坚持度和个体权威度对信息传播影响的基础上给出个体影响力函数. $f(i, j)$ 表示I类个体*j*对O类个体*i*的影响,用 aut_j 表示I类个体*j*的权威度,其他参数同上.具体表达式如下:

$$f(i, j) = \frac{trust}{Max_{trust}} \cdot (\omega \cdot |op_i \cdot insist_i - op_j \cdot insist_j| + \varphi \cdot aut_j) \quad (3)$$

函数中参数 ω 表示观点坚持度的影响在整体影响中所占的权重, 参数 φ 表示个体权威度的影响在整体影响力中所占的权重. 个体间进行交互之后, 观点值调整为:

$$op_i(t+1) = op_i(t) + f(i, j) \cdot (|op_i(t) - op_j(t)|) \quad (4)$$

在多 Agent 模型中, 对 O 类个体设计了两种交互关系, 除了与 I 类个体交互之外, O 类个体还可与环境交互, 通过环境中信息的影响, 发生内部观点的转变, 所以给出 O 类个体与环境交互时的观点调整方式: 假设 O 类个体 i 在 t 时刻的观点值为 $op_i(t)$, 信息的吸引力为 acn , 引入对信息的信任因子 α , 在 $t+1$ 时刻, 个体 i 的观点值为:

$$op_i(t+1) = op_i(t) + \alpha \cdot acn \quad (5)$$

2.2 整体交互规则

根据多 Agent 模型中的交互关系, 并结合基于改进 Deffaunt 模型的观点交互机制, 给出整体的多 Agent 交互规则, 如表 1 所示.

表 1 多 Agent 交互规则

交互主体	具体规则
S1与环境	Whenever <接触信息>If <为理性S1类个体> To <成为O类个体>
S2与I	Whenever <接触I类个体>If <为理性S2类个体> To <成为O类个体>
S1与环境	Whenever <接触信息> If <为非理性S1类个体> To <成为I类个体>
S2与I	Whenever <接触I类个体>If <为非理性S2类个体> To <成为I类个体>
O与I	Whenever <接触I类个体> If <为O类个体> Then <更新观点值>If<>To <成为I类个体>
O与I环境	Whenever <接触信息> If <为O类个体> Then <更新观点值>If<>To <成为I类个体>
I与I	Whenever <接触I类个体> If <为I类个体> To<成为R类个体>

3 信息传播模型的仿真实现

3.1 仿真实例描述

某企业为了提高关注度, 提升企业知名度, 欲在微博平台上进行社会化营销活动, 活动通过“转发抽奖”的方式进行, 即用户将营销活动信息进行转发后, 就可成为抽奖参与者, 有机会获得由企业提供的奖品. 为了使活动更好地进行, 企业和微博中具有一定粉丝基础的一些自媒体用户进行合作, 让其帮助信息的扩散, 另

外, 企业在微博中的其他广告机制也进行了信息的投放.

从以上实例可以分析出共有企业、环境、用户 3 类主体, 用户有两种信息接触模式, 而主体之间存在着信息传播过程.

3.2 仿真网络的构建

对于社交网络的结构特性, 包括微博中的网络结构, 有很多学者通过获取真实数据, 并对所形成的网络拓扑结构进行分析, 发现真实的社交网络基本具有小世界网络和无标度网络的综合特性^[5,11,15]. 如文献 [15] 利用真实数据分析了包含 5400 个用户节点在内的微博关系网络拓扑结构特征, 发现每个用户的平均好友量为 48, 将用户被关注的程度看作网络中的出度, 出度呈现幂率分布, 即少数用户有较多的被关注量, 而大多数用户的被关注量较少, 另外网络整体有较大的聚类系数和较小的平均路径. 本文利用以上数据, 在多 Agent 模型中通过一定的规则让 Agent 之间的关系符合微博中关系网络的一些结构特征, 从而构建仿真网络.

首先在 Swarm 平台中生成 807 个均匀分布于二维网格中的异质 Agent, 用以代表个体在社会网络中的不同位置, 每个 Agent 可以朝着任意方向进行移动, 和其他 Agent 的每一次接触是两个 Agent 之间的交互, 和网格中代表信息的固定元素的每一次接触是 Agent 与环境之间的交互. 给不同的 Agent 的可移动范围和步长进行限制, 设定不同的可移动范围, 使 Agent 能够与在一定范围内的其他 Agent 进行交互, 从而模拟微博中的关系网络结构. 首先使代表普通用户的多数 Agent 的可交互 Agent 数量在较小的范围内, 而代表媒体用户的少数 Agent 则有较大的可移动范围, 使其有更多的可交互 Agent, 通过该方式来模拟度的幂率分布; 另外在在一定范围内的多个 Agent 都有相互交互的可能性, 可看作是网络中一个节点的多个邻居节点之间也有一定的连接关系, 从而也模拟了真实网络聚类系数较大的特征.

3.3 仿真实现

仿真实例中提到企业通过与自媒体用户进行合作让其帮助信息的扩散, 因此在多 Agent 系统初始化时, 应当生成一些传播态个体来代表自媒体用户, 这些用户具有较高的影响力, 因此对其设定较高的权威度. 企业也通过一些平台广告机制进行信息传播, 这一点在多 Agent 系统中应有所体现, 可在 swarm 平台中生成一些固定的值用以表示广告信息. 在系统演化初期, 大部分个体都为未知态个体. 根据以上描述, 给定不同类

型 Agent 的初始密度, 具体为:

$$s1_t = 0.55, s2_t = 0.42, o_t = 0, i_t = 0.03, r_t = 0.$$

多 Agent 信息传播模型的仿真实验结果如图 3 所示.

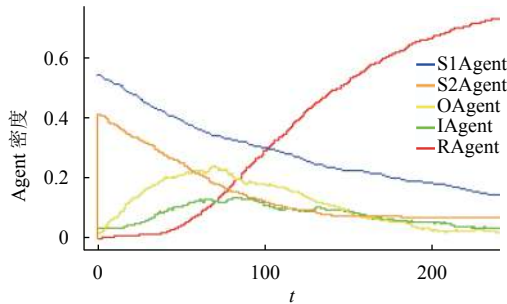


图 3 信息传播过程

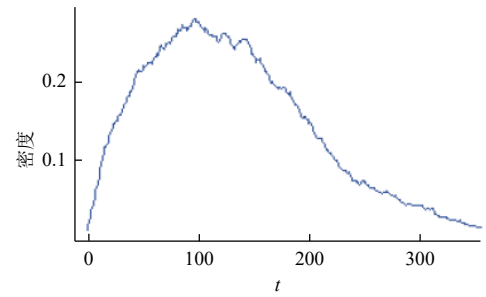
从仿真结果中可以看到, 未知态个体总体呈减少变化趋势, 观望态和传播态个体呈现先增加后减少的变化趋势, 免疫态个体则一直在增加. 除了能够观察到宏观上的个体密度变化, 还能够看到每一类个体密度在变化过程中存在着一些波动, 这些波动由异质个体间的交互而引起. 通过多 Agent 模型对信息传播过程进行模拟仿真, 能够反映信息传播宏观规律和过程中的个体交互.

对整体信息传播过程进行仿真之后, 再对一些参数进行不同的设定, 运用多 Agent 模型来研究一些个体属性和环境因素对信息传播过程的影响.

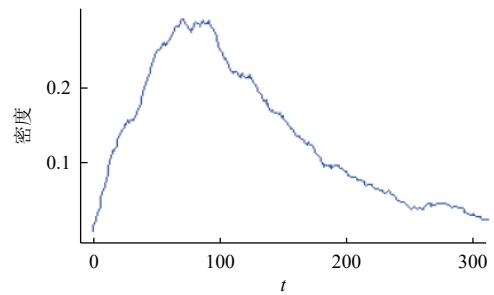
(1) 个体观点坚持度对信息传播过程的影响如图 4 所示. 图 4(a) 为观点坚持度在区间 [0.6, 0.9] 中取值, 图 4(b) 为观点坚持度在区间 [0.2, 0.5] 中取值. 将两个仿真结果进行对比, 能够看到观点坚持度较低的情况下观望态个体的密度峰值高于观点坚持度较高的情况下观望态个体的密度峰值, 说明当群体的整体观点坚持度水平较高时, 在信息传播的过程中会有更多的个体处于观望态.

(2) 广告覆盖率对信息传播过程的影响如图 5 所示. 图 5(a) 为广告覆盖率取了 0.2, 图 5(b) 为广告覆盖率取 0.4. 将两个仿真结果进行对比, 能够看到广告覆盖率越高, 传播态个体密度的峰值越高, 即信息传播越快.

(3) 个体权威度对信息传播过程的影响如图 6 所示. 仿真结果给出了分别在权威度水平整体较低和权威度水平整体较高的情况下传播态个体密度的变化情况. 图 6(a) 为权威度在区间 [0.2, 0.5] 中取值, 图 6(b) 为权威度在区间 [0.6, 0.9] 中取值. 从仿真结果中可以看到, 权威度影响到传播态个体密度的峰值, 当权威度较高时, 传播态个体密度的峰值越高, 说明权威度越高, 在一定时间内成为传播态的个体数量越多.

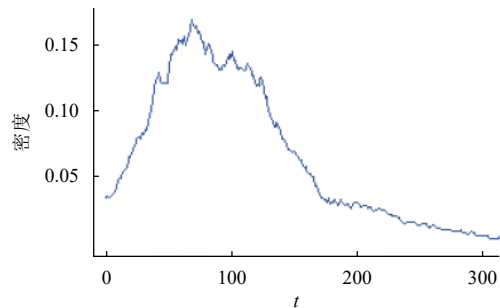


(a) 观点坚持度取值区间为[0.6, 0.9]

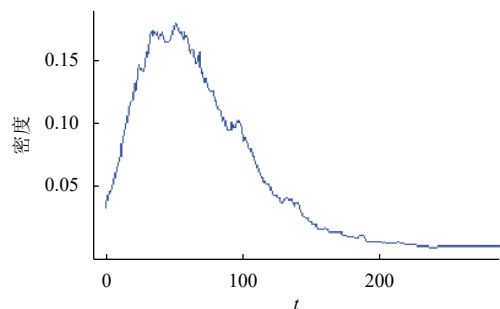


(b) 观点坚持度取值区间为[0.2, 0.5]

图 4 个体观点坚持度对信息传播过程的影响 (OAgent)



(a) 广告覆盖率取0.2



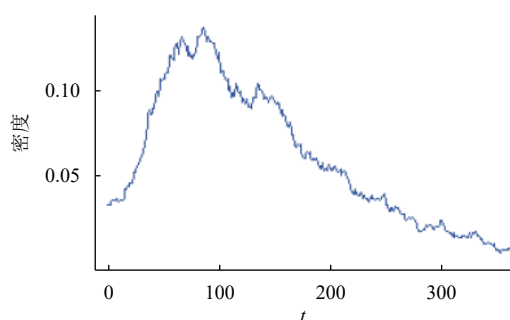
(b) 广告覆盖率取0.4

图 5 广告覆盖率对信息传播过程的影响 (IAgent)

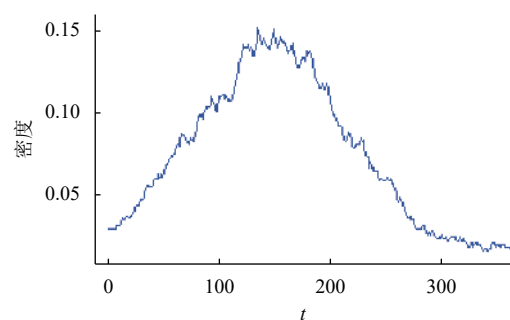
4 结论与展望

本文针对目前信息传播模型存在的问题, 研究了具体情境下的信息传播过程, 引入多 Agent 建模理论

和方法,从微观角度分析 Agent 的属性和行为,并基于改进的观点交互模型构建了 Agent 之间的交互规则,然后基于 Swarm 仿真平台对信息传播多 Agent 模型进行模拟仿真,研究了社会化营销背景下信息传播过程的宏观规律,另外,通过改变多 Agent 模型中的参数值,对几种不同影响因素对信息传播过程的影响进行了仿真分析,根据分析结果,可以对企业社会化营销提出以下几点策略建议。



(a) 个体权威度取值区间为 [0.2, 0.5]



(b) 个体权威度取值区间为 [0.6, 0.9]

图6 个体权威度对信息传播过程的影响 (IAgent)

(1) 企业可采取一定的手段提高客户忠诚度,使客户对传播信息的观点具有较高的坚持度,另外,企业在社会化营销过程中应适当引导舆论,提高传播者的观点值,形成良好的口碑,从而使传播者对潜在传播者具有更大的影响力。

(2) 在营销时,企业应在能力允许的范围内多渠道、大范围地散播营销信息,提高广告覆盖率,以促进信息传播速度,增加信息知晓人数,从而提升企业和产品知名度,增加潜在客户。

(3) 权威度能够影响到用户观点,权威度越高,传播信息的人越多。企业应当选择在关系网络中具有较多关注者、群众认同度高的用户作为初始传播者,从而使更多的用户传播信息,起到良好而高效的社会化营销效果。

参考文献

- Saha A, Sindhvani V. Learning evolving and emerging topics in social media: A dynamic nmf approach with temporal regularization. Proceedings of the 5th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. Seattle, WA, USA. 2012. 693–702.
- Rosen-Zvi M, Griffiths T, Steyvers M, *et al.* The author-topic model for authors and documents. Proceedings of the 20th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. Arlington, MA, USA. 2004. 487–494.
- 张发, 李璐, 宣慧玉. 传染病传播模型综述. 系统工程理论与实践, 2011, 31(9): 1736–1744. [doi: 10.12011/1000-6788(2011)9-1736]
- 顾亦然, 夏玲玲. 在线社交网络中谣言的传播与抑制. 物理学报, 2012, 61(23): 544–550.
- 丁学君. 基于 SCIR 的微博舆情话题传播模型研究. 计算机工程与应用, 2015, 51(8): 20–26, 78. [doi: 10.3778/j.issn.1002-8331.1409-0404]
- Liu QP, Wang XF. Social learning with bounded confidence and heterogeneous agents. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2013, 392(10): 2368–2374. [doi: 10.1016/j.physa.2013.01.007]
- Karataev E, Zadorozhny V. Adaptive social learning based on crowdsourcing. IEEE Transactions on Learning Technologies, 2017, 10(2): 128–139. [doi: 10.1109/TLT.2016.2515097]
- 刁苏蒙. 社交网络中个体交互行为和观点演化模式研究 [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- Si XM, Liu Y, Xiong F, *et al.* Effects of selective attention on continuous opinions and discrete decisions. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2010, 389(18): 3711–3719. [doi: 10.1016/j.physa.2010.05.010]
- Yang YC, Dimarogonas DV, Hu XM. Opinion consensus of modified Hegselmann-Krause models. Automatica, 2014, 50(2): 622–627. [doi: 10.1016/j.automatica.2013.11.031]
- 张海峰. 微博网络中的信息传播及观点演化若干问题研究 [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- 苟智坚, 范明钰, 王光卫. 复杂网络中无信任边界限制的连续观点演化研究. 电子科技大学学报, 2015, 44(5): 749–756. [doi: 10.3969/j.issn.1001-0548.2015.05.019]
- 张彦超, 刘云, 张海峰, 等. 基于在线社交网络的信息传播模型. 物理学报, 2011, 60(5): 60–66.
- 王金龙, 刘方爱, 朱振方. 一种基于用户相对权重的在线社交网络信息传播模型. 物理学报, 2015, 64(5): 050501. [doi: 10.7498/aps.64.050501]
- 冯新颖. 在线社交网络中信息传播规律的仿真研究 [硕士学位论文]. 天津: 河北工业大学, 2016.