

基于多主体仿真的创新扩散模型研究 ——对企业创新产品营销战略的探讨

朱 琼,高宝俊

(武汉大学 经济与管理学院,武汉 430072)

摘 要:区别于现有创新扩散模型,本文提出的基于 multi-agent 仿真方法的模型,考虑了个体异质性及移动性的特征。模型认为个体在决策是否接受一项创新产品时,主要考虑两方面的因素:一是衡量产品质量是否达到要求;二是衡量周围与其相联结的社会网络中人群的影响。模型用 NetLogo 仿真软件运行,其仿真结果论证了产品刚刚投放市场时应适当加大广告强度,而随着市场占有率的增加可以适当降低广告强度。同时,本文也讨论了人口密集度、产品特性和个体的社会影响阈值等因素对创新扩散的影响,并提出了相应的营销策略。

关键词:创新扩散;多主体;社会影响;广告

中图分类号:F713.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2010)06-0006-05

1 研究背景

埃弗雷特·罗杰斯将创新扩散定义为,创新通过一段时间,经由特定的渠道,在某一社会系统成员中传播的过程^[1]。这里的创新不一定是绝对的新鲜事物,只要是某一个体没有接触过的,那么该个体都可以认为是创新。不同的创新有不同的扩散渠道,比如医药类产品,由于一般个体对其了解甚少,很少能依靠自己的判断选择药品,因此它更倾向于通过权威医生的传播而得以被广大病人认可。而时尚类的日用品,譬如衣服、手机等,个体除了判断其质量价格因素外,还会受偶像及朋友的影响,因此,可以通过一批意见领袖(明星、球星等)带动全社会对其消费。不论是通过何种渠道,一项创新只有通过扩散,才能拥有更多的接受者。而企业推出的创新产品只有拥有更多的接受者,才能获得更大的经济效益。因此,国内外有许多学者都在研究创新扩散问题,以期提高产品的推广效率。

对创新扩散问题的研究可追溯至 20 世纪初, Schumpeter 创立创新理论并研究了扩散中个体之间的“模仿”行为,但一直到 20 世纪 60 年代,人们才真正开始广泛而深入地研究扩散模型。根据研究对象以及研究方法的不同,扩散模型主要可以分为两类:一类是基于潜在采纳者总体统计行为的宏观层面(aggregate level)的数学模型,一类是基于潜在采

纳者个体采纳决策行为的微观层面(individual level)的仿真模型。其中数学模型主要从总体宏观角度研究新产品被市场接受的程度及新产品在市场上的扩散速度,它们基于扩散的传播理论,将新产品的扩散过程看作是疾病或消息的传播过程,以此来探讨影响新产品扩散规模和扩散速度的主要因素。

数学模型中最有影响力的代表是 Bass 模型,这个模型是从宏观层面上总体分析采用创新者的统计行为。许多学者以此模型为平台,提出了 Bass 模型的扩展形式,如重复购买模型^[2-3]、竞争扩散模型^[4-5]、可重复购买的竞争扩散模型^[6]、分阶段模型^[7]、扩散速度变化模型^[8]等。纵观 Bass 模型及其扩展模型,有几个不足点:首先,它忽略了消费者之间的异质性,将消费者视为完全相同的个体。但现实中个体对广告的选择偏好不同,对产品的喜好不同,受社会影响的程度也不同,因此,个体的属性对不同产品的扩散速度具有重要影响;其次,Bass 模型只考虑了大众传播及人际间的口头传播,而没有考虑产品本身的质量对创新扩散的影响,而事实上,由于与厂商之间信息的不对称,因此潜在消费者在采用新产品时,为了实现自身效用最大化的目标而需要考虑各种不确定因素(如产品质量)的影响。因此,有限理性的消费者在接受创新前会综合衡量利弊得失,并根据搜集到的各种信息来衡量产品的价值是否值得自己的付出,再做出决策。

收稿日期:2010-04-05

基金项目:教育部人文社会科学一般项目(09YJC630176);国家自然科学基金项目(70601023)

作者简介:朱琼(1985—),女,湖北洪湖人,武汉大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向:系统仿真;高宝俊(1976—),男,山西阳泉人,武汉大学经济与管理学院副教授,研究方向:系统仿真。

为了克服数学模型的这些缺陷,研究者们提出了多主体仿真的概念。多主体仿真从微观层面上分析不同个体的决策行为,也就是考虑了个体的异质性,从而克服了数学模型同质性的缺陷^[9]。其基本思想是:选取构成系统的、有代表性的多个微观个体作为研究对象,在计算机上模拟这些微观个体的行为及其之间的相互作用过程,并对其行为产生的结果进行加总而得到所需要的宏观水平的变量。多主体仿真被广泛应用于复杂系统的建模,能模拟不同属性个体之间复杂的非线性相互作用,因此它非常适用于创新扩散的研究。

例如在 Fuks 和 Boccara 建立的创新扩散模型中,他们将个体分为积极者和保守者两类,并赋予不同的外部影响系数和内部影响系数^[10]。在该模型中,个体完全受其周围邻居的采纳行为影响而做出下一时刻的决策,并没有考虑质量因素对个体接受创新产品的影响。另外一个基本的微观模型——Bhargava 模型,同样也未考虑产品自身属性(价格)对创新扩散速率的影响,并在模型中未体现出邻居的概念^[11]。因此,创新扩散的微观模型(如 Fuks-Boccara 模型与 Bhargava 模型)虽然克服了数学模型的一些缺点,但仍有不足:首先,这些模型中个体只有采纳和未采纳两种状态,且个体同质,没有考虑个体对创新产品的质量、社会影响阈值方面的差异。而现实中的个体都有其独特性,在选择产品的喜好及受朋友影响的程度上都会有所不同。其次,模型中邻居的定义只有常规的几种,且个体的邻居固定,不会结识新朋友。但事实上,个体是不断移动的,并且每活动到一处都会结识新个体,并与周围认识的新个体交流信息^[12]。后续虽然有一些研究者对这些模型进行了扩展(如 Moldovan 模型^[13]和 Goldenberg 模型^[14]),在局部规则中考虑到广告、价格等各种市场策略,但其对个体的描述仍然不够准确,定义个体异质性方面仍有待扩展,且模型没有考虑个体的移动性^[15]。

本文采用多主体仿真来研究一项创新在特定人群中的传播过程。每个主体都被赋予一些参数来代表其自身的属性。通过设置不同的参数来讨论个体属性与创新扩散速度之间的关系。与以往模型相比,本论文的模型充分考虑个体的异质性,每个个体的属性在一定范围内随机定义。且个体是在不断移动中,每移动到一个新的地方,个体都会结识新朋友,建立一个小世界网络,并交流创新产品的采纳^[16]。埃弗雷特·罗杰斯在其研究中,也强调了人际关系网络对创新扩散的重要影响。他认为人际关系不仅影响到个人应对创新产品的方式,而且往往

有助于说服个体做出采纳创新的决策^[11]。基于以上两个突破点,本文通过最终结果的数据分析,验证了营销大师罗杰斯提出的创新扩散理论,并针对不同人口密集度、不同类型的产品,以及不同社会影响阈值的个体等几种情况,提出了相应的营销策略。

2 模型建立

本文使用的多主体仿真将消费者个体映射为 agent,将消费者的个体特征映射为 agent 的属性,将消费者的个体行为映射为 agent 的方法,由此,agent 便与经济系统中的消费者建立了内在的对应关系。通过模拟消费者个体间相互独立又交互作用的过程,从而发现系统的宏观涌现现象^[17]。本文中的 agent 通过摩尔邻域关系建立自己的社会网络,并在社会网络范围内相互影响。每个个体的状态受环境中其他个体的状态集合的影响,而其他个体的状态又是受其周围个体的状态集合的影响。

为明确研究问题,提出如下假设:

假设一,市场中只有一种创新产品在扩散,这种创新在扩散过程中并不改变;

假设二,环境中的总人口数量不变;

假设三,模型中每个个体都有能力消费这种产品,并且只看重质量,而不考虑价格及时尚度,且个体对产品的理想质量较高;

假设四,产品的广告强度覆盖了讨论区域内的每个个体;

假设五,每个个体只购买一次创新产品,并不重复购买;

假设六,个体每移动到一个地方后,都会将创新产品的信息告知周围的邻居,邻居的定义采用经典的摩尔邻域定义,如图 1 所示。

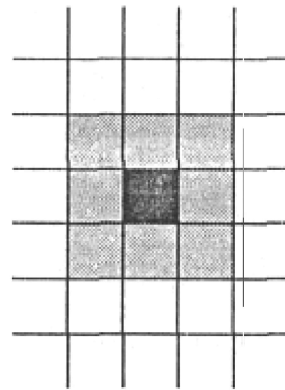


图 1 摩尔邻域定义

根据不同个体的偏好,我们定义不同属性的 agent,并按下面的模型规则相互作用。这里使用 Delre 提出的模型^[18],以检测创新扩散的效果。这

个模型不仅考虑了产品质量对个体决策的影响,也考虑了社会网络对个体决策的影响。个体在综合考虑这两方面因素的基础之上做出决策。按照效用公式的定义,当产品实际质量优于 agent 预期的质量阈值时,产品质量效用 y 为 1,否则为 0;当周围接受产品的朋友多于 agent 的社会影响阈值时,社会影响效用 x 为 1,否则为 0;按照总效用函数,计算出每个 agent 的总效用 U ;当总效用 U 大于 agent 的效用阈值 U_{min} 时,agent 接受产品,否则不接受。数学表达式如式(1)~式(4)所示。

社会影响效用函数:

$$x = \begin{cases} 1 & a \geq h \\ 0 & a < h \end{cases} \quad (1)$$

产品质量效用函数:

$$y = \begin{cases} 1 & q \geq p \\ 0 & q < p \end{cases} \quad (2)$$

总效用函数(β 为平衡系数):

$$U = \beta \times x + (1 - \beta) \times y. \quad (3)$$

决策函数:

$$action = \begin{cases} \text{接受产品并进行口碑传播} & U \geq U_{min} \\ \text{不接受产品} & U < U_{min} \end{cases}. \quad (4)$$

其中, a 表示个体周围接受创新产品的朋友数; h 代表个体受社会影响的阈值。 q 代表创新产品的实际质量; p 代表个体期望的创新产品质量阈值。 β 为平衡系数,表示产品质量和社会影响之间的权重关系。 U_{min} 表示个体会接受创新产品的效用阈值。由于每个个体的生活环境不同,因此对质量及社会影响的敏感程度不同。

3 仿真结果

3.1 参数初始化

模型在 NetLogo 软件中运行。仿真运行的世界为 46×36 的网格,每个网格可以至少容纳一个 agent,agent 每次移动的最小单位也是一个网格。此外,仿真中的世界采用回绕边界条件,即世界的左右两边、上下两边相衔接,而不是隔断的。当 agent 的移动范围超过边界时,agent 会在相对应的另一边出现。

根据模型,建立仿真程序。程序主要分为两大部分:初始化属性参数及定义 agent 动作。首先,我们要在初始化中定义初始消费者和潜在消费者。初始消费者数量为 25,并随机分布于网格上。不管产品质量和社会影响是否大于个体接受的阈值,这些初始消费者均无条件地选择接受创新产品,并将创新产品的信息告诉给周围的邻居。周围的邻居再根据决策函数选择是否接受,并且接受者再进一步将创新产品的信息告知他们的邻居。市场上的潜在消

费者 N_2 数量、平衡系数 β 和社会影响阈值 h 均由滑动条人为调控,潜在消费者随机分布于网格上。平衡系数 β 的取值范围在 $0 \sim 1$ 之间。由于采用摩尔邻域定义,agent 的邻居数量最大为 8,因此,社会影响阈值 h 的取值范围在 $0 \sim 8$ 之间。

本文中每个 agent 的属性定义均在一定区域范围内随机选择,若定义 agent 的社会影响阈值 h 的最大值为 h_{min} ,则每个 agent 的 h 在 $0 \sim h_{min}$ 之间随机选择。同理,定义每个 agent 的 P 、 β 及 U_{min} 属性值。从而,每个 agent 拥有了不同的 h (agent 受社会影响的阈值)、 P (agent 期望的创新产品质量阈值)、 β (agent 受社会影响及质量影响的权重)。这些不同的参数代表 agent 之间的异质性。

初始化完毕后,我们对 agent 定义一连串的动作。首先计算效用函数是否超过接受的效用阈值(初始接受者除外),若超过则变为接受者的状态,若未超过则继续保持潜在消费者的状态。已接受者在接下来的仿真运行中对潜在消费者进行口碑传播,每移动到一处都会将创新产品的信息告知给周围的邻居。下一步,agent 以一定的规律在网格上移动。移动规则如下:个体先右转,右转角度在 $0 \sim 60^\circ$ 之间随机选择;然后前进,前进步数在 $0 \sim 10$ 之间随机选一数值;最后左转,左转角度在 $0 \sim 20^\circ$ 之间随机选择。移动结束后,agent 再一次计算效用函数,并决定是否接受。依次循环。

3.2 仿真结果分析

对 N_2 、 β 及 h 这 3 个参数的一组取值进行仿真,每次仿真运行至稳态(即相当长时间内,运行结果均不发生变化),直到创新产品的采用者人数趋于稳定,其中一种极端情况为创新产品全占市场,另一种极端情况是潜在消费者均拒绝接受创新产品。每组参数的仿真运行 10 次,并取其平均值为这组参数的最终结果。统计分析各组参数的结果,从而得出以下结论。

结论一:图 2 描述的是参数 β 及 h 不变时,选择不同的参数 N_2 ,接受产品的 agents 数量随时间的分布。从图 2 中可以看出,在产品投放市场初期,agents 接受产品的速度缓慢。当接受产品的 agents 数量达到临界点后,接受产品的 agents 数量会迅速上升,产品会迅速扩散,最初的几个初始者很快点燃了大片市场。美国学者埃弗雷特·罗杰斯提出的创新扩散模型中也提出临界数量一说,罗杰斯认为,新品上市的生命周期在特定社会系统中的扩散呈现 S 曲线形的扩散模式,一种创新在一个社会系统中的扩散,只有使用者达到系统总人口的某一比例后,整个扩散过程才可以持续下去,这一比例(有时也用其

绝对数量,即已采用者的数量),就是临界数量^[1]。在营销者看来,这个临界点就是新产品的“上市门槛”,只有跨过这个门槛,产品才会成功上市并进入“成长期”。在这一阶段,产品销量会迅速上升。而后系统对创新产品的采用达到饱和点,销售额和利润都达到历史最高点。

由结论一可知,在创新产品投放市场初期,由于人们对创新产品的信息了解较少、接受程度较低,因此厂家可加大广告投放强度,使人们更广泛地了解产品信息,减少对创新产品的陌生度,从而可以使接受产品的人数尽早到达临界点。在消费者数量达到临界点后,可以减少广告投放,利用已接受者的口碑传播来宣传产品。这样既可以提高广告投放的效果,又可以加大产品的扩散速度。

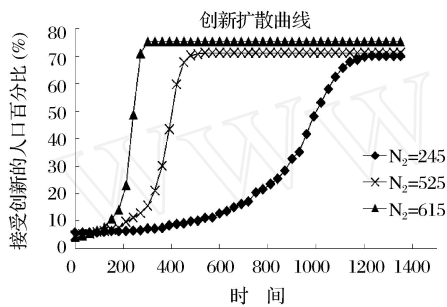


图2 不同人口总数对应的创新扩散曲线图

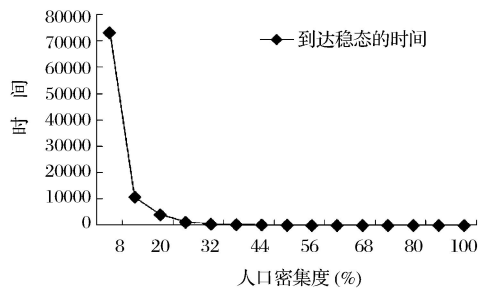


图3 不同人口密集度对应的稳态时间

结论二:总人口参数越大,即潜在消费者人数越多,则产品扩散的速度越快,如图2所示。这说明相同的创新产品扩散时,人口越密集,越有利于产品的口碑传播。若假定某一地区的人口饱和数为 N ,我们在 $0 \sim N$ 之间调整人口总人数,考察不同人口密集度对应的扩散状态,可以得到图3。从图3可以看出,随人口密集度增加,创新产品的扩散速度加快,当人口密集度达到一定程度后,创新产品会在转瞬间扩散到每个角落。从营销者的角度看,针对不同的区域人口状况,我们应进行不同力度的广告宣传。最好将广告投放区域分为密集市区、市区、郊区、农村4个不同参数的区域。在人口密集的区域,要充分利用口碑传播效应,减少广告投放资金。

结论三:如图4所示,在参数 N_2 及 h 不变的情况下,随 β 的增加,agents接受产品人数线性增加;且接受产品的时间减少,当 β 大于0.45以后接受产品的时间比较稳定。这说明: β 越大,即个体受社会影响的比重愈大,则个体对创新产品的质量要求相对降低,个体更容易受社会传染的影响。Copeland将产品分为便利品、选购品和特殊品^[19]。其中便利品的 β 系数较大,即个体在选购便利品(如零食、日常家用品等)时更易受到周围人的影响。而在选购特殊品(如高档家具、汽车等)时,个体会做出特殊的努力来决策是否购买。越是昂贵而不容易获得的创新产品,个体越会付出努力去搜集信息,以衡量购买决策是否正确。在推广不同产品时,营销者应根据产品的自身性质以及消费者的生活习惯制定相应营销策略。对于 β 系数大的产品,应巧妙利用口碑传播效应,由于这类产品的扩散速度更快,因此可以降低整个产品宣传期间的广告费用。

结论四:如图5所示,参数 N_2 及 β 不变, h 越大,最终接受产品的人数基本保持稳定,但创新扩散到达稳态的时间会增加。 h 越大,意味着消费者受朋友影响的阈值越大,即消费者越不容易受社会影响。从图5中可看出,社会影响阈值越大,产品扩散的速度越慢。但由于产品的质量是不变的,随时间的推移,消费者最终会被产品打动,只是产品扩散的时间拉长,因此,针对不同属性的人群,我们应制定相应的广告策略,广告投入力度也应不同。针对较难受影响的人群,我们应加大产品的宣传,多在这些区域付出时间精力。

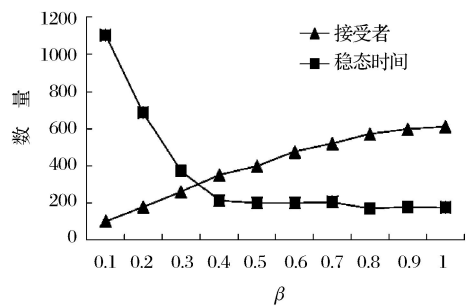


图4 平衡系数 β 对创新扩散的影响

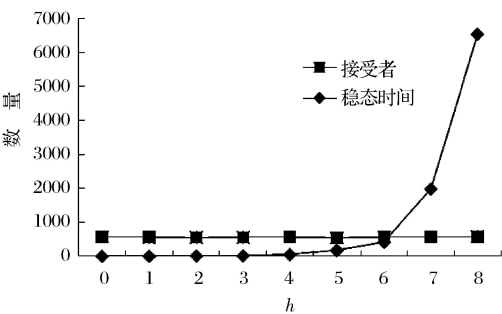


图5 社会影响阈值 h 对创新扩散的影响

4 结论

本文基于 multi-agent 的微观仿真模型,研究了创新扩散过程。与其他数学模型不同,本文提出的模型考虑了个体的异质性,并考虑了社会网络的影响。个体每移动到一处,都会与周围的人群结识,建立一个小世界网络。通过在不同假设条件下的仿真实验,得到了不同环境状态与创新扩散结果之间的关系。得到的结果为厂商在目标市场选择合适的广告强度提供了参考价值,使得厂商既可以尽量提高产品占有率,又不必盲目地增加广告投入,节约成本。在产品刚刚投放市场时,厂商应适当加大广告强度,而随着市场占有率的增加可以适当降低广告强度。同时,在人口密集的区域,我们应充分利用口碑传播,可以适当减少广告投入。对不同类型的产品,人们选择购买时所受到社会影响程度不同,应制定相应的营销策略。对于社会影响权重较大的创新产品,我们应充分利用其口碑效应,适当减少广告投入。在个体受社会影响的阈值较高的区域推广创新产品时,应加大时间精力的投入,不要为一时推广效果不佳而放弃,因为在这一区域,“时间可征服一切”,营销者的投入最终会换来消费者的青睐。

参考文献

- [1] ROGERS E M. Diffusion of innovations[M]. New York: The Free Press, 1995: 5.
- [2] DODSON J A, MULLER E. Models of new product diffusion through advertising and word-of-mouth[J]. Management Science, 1978, 24(15): 1568-1582.
- [3] LILLEN G L, RAO A G, KALISH S. Bayesian estimation and control of detailing effort in a repeat purchase diffusion environment[J]. Management Science, 1981, 27(5): 493-506.
- [4] THOMPSON G L, TENG J T. Optimal pricing and advertising policies for new product oligopoly models[J]. Marketing Science, 1984, 3(2): 148-168.
- [5] ROBERTSON T S, GATIGNON H. Competitive effects on technology diffusion[J]. American Marketing Association, 1986, 50(3): 1-12.
- [6] MINH H, SEHOON P, LAKSHMAN K. Analysis of new product diffusion using a four-segment trial-repeat model[J]. Marketing Science, 1994, 13(3): 224-247.
- [7] NIU S C. A piecewise-diffusion model of new-product demands[J]. Operations Research, 2006, 54(4): 678-695.
- [8] KAPUR P K, SINGH V B, ANAND S. An innovation diffusion model incorporating change in the adoption rate[J]. Management Dynamics, 2007, 23(16): 34-41.
- [9] 张廷, 高宝俊, 宣慧玉. 创新扩散中广告投放效果的元胞自动机仿真[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(1): 134-137.
- [10] FUKS H, BOCCARA N. Cellular automata models for diffusion of innovations[Z]. Department of Physics, University of Illinois, 1997.
- [11] BHARGAVA S C, KUMA A. A stochastic cellular automata model of innovation diffusion[J]. Technological Forecasting and Social Change, 1993, 44: 87-97.
- [12] BASS F M. A new product growth for model consumer durables[J]. Management Sciences, 1969, 15(5): 215-227.
- [13] MOLDOVAN S, GOLDENBERG J. Cellular automata modeling of resistance to innovations: effects and solutions[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2004, 71(5): 425-442.
- [14] GOLDENBERG J, LIBAI B, MULLER E. Riding the saddle: how cross 2 market communications can create a major slump in sales[J]. Journal of Marketing, 2002, 66(2): 1.
- [15] 张庭, 高宝俊. 基于元胞自动机的创新扩散模型综述[J]. 系统工程, 2008, 24(12): 6-15.
- [16] 林略, 周力全. 小世界网络下用户创新扩散效果分析[J]. 技术经济, 2009, 28(7): 18-21.
- [17] 张彪, 方亮, 肖人彬. 竞争性技术创新扩散模型及其应用[J]. 技术经济, 2008, 27(9): 5-9.
- [18] DELRE A. The Effects of Social Networks on Innovation Diffusion and Market Dynamics[D]. University of Groningen, 2007.
- [19] COPELAND M T. Relation of consumers' buying habit to marketing method[M]. Harvard Business Review, 1923(4): 283-289.

Innovation Diffusion Model Based on Multi-agent System: Research on Marketing Strategy of New Products

Zhu Qiong, Gao Baojun

(School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Distinguishing from present innovation diffusion models, this paper proposes a model based on multi-agent simulation methods, takes individuals' heterogeneity and movement nature into account. The model figures out that when each agent has to decide whether to accept an innovation product, he mainly considers two aspects: first, whether the quality of the product reaches the requirement; second, calculate the influence of the mass around him. The NetLogo software is applied to simulate the model, and the result demonstrates that advertisements should be increased at the beginning of putting products into the market, and could be decreased when the market share has reached a certain level. The three factors of population density, product attributes and threshold of social influence which affect the rate of innovation diffusion are also discussed in this paper and relevant marketing strategies are put forward.

Key words: diffusion of innovation; multi-agent; social influence; advertise