

# 用户网络耦合视角的第三方支付平台扩散模型<sup>①</sup>

段文奇

(浙江师范大学经济与管理学院, 金华 321004)

**摘要:** 综合双边平台和复杂网络理论, 构建出第三方支付新平台在买方用户社交网络和卖方竞争网络上耦合互动的扩散模型. 模型中, 买方用户采用新支付平台的概率是平台服务质量、社交网络上邻居采用新平台的比例和已采用新平台的卖方用户数量三者的函数; 卖方用户采用新支付平台的概率是平台服务质量、竞争网络上邻居采用新平台的比例和已采用新平台的买方用户数量三者的函数; 运用统计力学方法建立了描述新支付平台在用户社交网络和竞争网络上扩散的微分方程组, 两个网络上的扩散动力学相互耦合, 共同刻画了第三方支付平台同时在买方和卖方两方用户群体中的扩散过程. 为阐释模型的使用方法和框架价值, 讨论了对模型参数进行估计和对模型扩展以便研究扩散策略的思路.

**关键词:** 第三方支付平台; 双边平台; 复杂网络; 社交网络; 竞争网络

**中图分类号:** F832.3   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2015)07-0027-12

## 0 引言

需求扩大和丰厚利益促使众多非金融机构申请第三方支付业务许可证, 成为第三方支付平台. 截止2013年7月6日, 中国人民银行已发放250张第三方支付“牌照”, 限定第三方支付平台的经营业务主要为互联网支付、银行卡收单和预付卡发行及受理等. 获批支付牌照的200多家企业中, 大部分都没有正式开展过第三方支付业务. 当这些第三方支付企业进入市场时, 面临两个突出问题: (1) 如何选准目标市场, 开发并提供何种创新性的支付服务; (2) 如何将新支付服务成功推向市场, 获得相当比例的市场渗透率. 前者是服务创新问题, 不是本文研究内容; 后者类似营销中的新产品扩散问题, 即具有创新性的金融支付服务如何在市场上进行推广、被用户采纳以及在用户群体中扩散, 构成本文主要研究内容.

做为新型企业形态, 第三方支付平台具有三

个主要特征: 1) 准金融中介特征, 第三方支付平台所开展的业务本质上是一类特许金融服务——部分或全部货币资金转移服务, 因而第三方支付平台在市场上的扩散与金融创新在社会网络、投资者网络上的扩散过程有一定相似之处<sup>[1]</sup>; 2) 双边平台的典型特征, 第三方支付平台的最终目的是以快捷、可信、有效的服务实现资金从产品或服务的购买方转移到提供方, 平台向两类用户同时提供服务, 每一类用户通过共有平台与另一类用户相互作用而获得价值, 且一类用户加入平台的收益取决于加入该平台另一类用户的数量, 平台的重要目标是将用户吸引入市场并使“双方都留在甲板上(on board)”以及促进双方利用平台开展交互<sup>[2-3]</sup>; 3) 动态网络特征, 平台用户之间的交易和资金转移关系形成了典型复杂网络(顶点表示平台用户, 边表示交易和资金转移关系, 权重表示资金流量), 平台发展过程是平台用户网络的动态演进和生长过程<sup>[4]</sup>. 此外, 就第三方支付平

① 收稿日期: 2012-11-13; 修订日期: 2014-05-02.

基金项目: 教育部人文社科基金资助项目(11YJA630014); 浙江省自然科学基金资助重点项目(LZ14G010001); 国家自然科学基金资助项目(71271193).

作者简介: 段文奇(1976—), 男, 湖南邵阳人, 博士, 教授. Email: wenqiduan@126.com

台扩散而言,大量交易活动中买方的平台采用决策更容易受到其所处的社交网络影响,提供产品和服务的卖方的平台采用决策更容易受到其所处的竞争网络影响<sup>[5]</sup>.第三方支付平台需要同时在买方社交网络和卖方竞争网络上扩散,买方和卖方之间的交叉网络效应把两个网络上的扩散过程耦合在一起.计算实验方法则为从自组织、动态演化及宏观—微观相互作用等视角研究第三方支付平台扩散提供了新的思路、工具和手段<sup>[6]</sup>.

## 1 相关研究综述

基于创新扩散视角,综合运用双边平台理论和复杂网络方法对第三方支付平台的扩散过程进行建模.因此,相关研究综述将对与本文相关的文献从前述三个方面展开述评.第三方支付做为具有创新性的金融服务,在市场上的扩散过程与其他创新扩散过程有很多相似之处.因而,国内外都有学者采用创新扩散理论框架,对影响第三方支付平台扩散的因素进行研究.如,Luo等人对影响用户采用移动银行服务的信任和风险因素进行研究,发现用户对移动平台的性能期望是决定采用与否的主要因素<sup>[7]</sup>;Xue等考察了用户采用网络支付服务的驱动因素以及这些因素与平台产出的关系,发现对交易量和交易效率要求高以及所居住地区的网络银行渗透率高的消费者更快速接受网上银行服务<sup>[8]</sup>.这类文献集中于研究影响“用户采用行为”的因素,对第三方支付服务扩散的动态过程鲜有涉及.

从双边市场角度看,支付平台是典型的双边平台,文献集中于研究支付卡平台,与之相关的实证研究、案例研究和产业政策研究通常是双边平台理论在金融领域的应用、拓展和深化. Milne基于网络效应和技术创新两个维度构建模型研究了银行采用新支付技术的动力机制,发现网络效应是促使银行投资内部支付系统的主要动力,但银行之间共享支付基础设施的意愿很低<sup>[9]</sup>. Calabrese等人基于双边平台理论,分析了技术创新在支付平台竞争和效率提升方面的作用<sup>[10]</sup>. Tosza从双边平台视角研究了支付卡系统的管制政策和反垄断问题,作者认为支付卡产业不能套用标准的反垄断分析方法,应该考虑支付卡平台的交叉

网络效应,不仅关注支付卡平台的价格水平,更要关注平台的价格结构<sup>[11]</sup>.第三方支付平台与支付卡平台有一定的相似之处,前述文献对于第三方支付平台的研究有一定借鉴作用.但是,现有研究只是粗线条阐明了交叉网络效应对用户行为、平台定价行为和产业竞争模式的影响机理,鲜有模型刻画平台系统随时间演化的动态过程,用户网络结构对平台扩散的重要作用也未引起足够重视.

复杂网络方法的核心思想是在经济主体微观行为与经济系统宏观模式之间建立联系,强调节点之间的相互关系影响节点的行为和决策.相关研究集中于分析网络结构对用户采用行为、产品扩散模式、企业扩散策略等的作用机理.如,段文奇等基于博弈论和复杂网络视角构造了网络效应新产品扩散模型,发现主体之间协调决策的策略性行为 and 采用者网络的拓扑结构是影响网络效应新产品扩散的重要因素,其中决策协调机制是决定扩散模式的首要因素<sup>[12]</sup>.赵良杰等基于消费者采用产品过程的生命周期视角,运用微观扩散模型仿真分析消费者交互作用对网络效应产品扩散的影响,发现消费者交互作用所产生的局部网络效应能够加快产品扩散早期和中期速度,消费者之间交互强度提高导致产品扩散中期速度变快,全局交互型消费者则会降低产品扩散早期速度,但能提高产品扩散中期速度<sup>[13]</sup>. Banerjee等人对印度村庄中的微型贷款信息扩散进行研究,发现网络节点的传播中心性与实际的扩散中心性高度相关,研究结果对从网络上的哪些节点入手扩散信息提供启发<sup>[14]</sup>.此类研究主要分析单边网络效应平台,相关研究难以直接推广到具有交叉网络效应的双边平台中去.

综上所述,第三方支付平台在市场上的扩散过程本质上是潜在用户群体在社会关系和经济利益影响下采用第三方支付呈现的时空模式,包含了几个基本要素:1)第三方支付(平台)的创新特征;2)用户的采用行为;3)用户群体的结构;4)扩散过程的时空模式;5)基于扩散规律制定的平台扩散策略,前3个要素决定了第4个要素,企业最终关注的是第5个要素.现有文献集中研究影响“用户采用行为”的因素,部分涉及到“第三方支付创新特征”,对用户群体结构、扩散模式和扩

散策略均鲜有涉及,本文则将对这些内容展开深入研究.此外,已有模型多适用于建模和预测一类产品的扩散过程,而非具体产品,平台扩散则更加关注某个具体平台的扩散过程以及该平台在竞争中的扩散动力学,应用现有建模方法无法构建有效描述第三方支付平台扩散过程的动态模型.为解决前述问题,本文将综合运用复杂网络和双边平台方法,构建社交网络和竞争网络耦合互动的第三方支付平台扩散模型,从而可在统一框架下研究创新特征、用户采用行为、网络结构、扩散模式和企业策略等问题.

## 2 基于社交网络和竞争网络耦合的平台扩散建模

由于第三方支付服务出现之前,经济主体之间的资金转移已经完全可以通过银行等金融机构实现,而银行等金融机构本质上也是平台.因此,直接考虑第三方支付平台竞争性扩散的情形,假定新平台  $N$  进入市场前,市场上已经存在某个旧平台  $O$ .显然,整个市场上使用或即将使用第三方支付平台的用户可以划分为两大类,下标  $b$  表示其中一类用户(通常是买方或服务消费方),该类用户总数为  $M_b$ ;下标  $s$  表示另一大类用户(通常为卖方或服务提供方),这类用户总数为  $M_s$ .做为买方用户,对应的大多是普通消费者,对他们而言第三方支付平台与其他金融创新、创新性的信息服务没有本质差异,用户之间的社会关系网络在第三方支付平台信息的传播、行为模仿等方面起着重要作用.买方用户的社交网络是典型的复杂网络, $i = 1, 2, 3, \dots, M_b$  是节点编号,表示第  $i$  个用户,该网络的度分布为  $P_b(k)$ ,表示任选一个顶点,该顶点有  $k$  个网络邻居的概率是  $P_b(k)$ .显然  $0 < k \leq M_b$ ,且  $\sum_{k \geq 1} P_b(k) = 1$ .社交网络描述了买方用户之间的相互影响结构,假定用户之间的影响强度相等,则用取值为 0 或 1 的矩阵  $\{a_{ij}^b\}$  表示网络连接关系;反之,则用取值为  $[0, 1]$  之间的实数矩阵  $\{w_{ij}^b\}$  表示买方用户之间的连接关系和影响强度.与买方用户不同,卖方用户的平台采用决策一般更加理性,更容易受到竞争对手的决策行为影响,这是因为竞争对手采用什么

平台影响到自身的销售情况和盈利水平,因此卖方用户之间的竞争网络在第三方支付平台的扩散过程中具有一定作用,如果用户之间的采用决策呈现出模仿行为,则竞争网络的作用表现为正的传染效应,如阿里平台上竞争性卖家之间同时采用支付宝这样的第三方支付平台.类似地,竞争网络上的第  $j$  个用户用下标  $j = 1, 2, 3, \dots, M_s$  表示,任选该网络上的一个顶点,该顶点有  $k$  个邻居的概率是  $P_s(k)$ ,因此该网络的度分布为  $P_s(k)$ 且  $\sum_{k \geq 1} P_s(k) = 1$ .竞争网络描述了卖方用户之间的相互影响结构,假定用户之间的影响强度相等,则用取值为 0 或 1 的矩阵  $\{a_{ij}^s\}$  表示网络连接关系;反之,则用取值为  $[0, 1]$  之间的实数矩阵  $\{w_{ij}^s\}$  表示卖方用户之间的连接关系和影响强度.

与其他双边平台类似,第三方支付平台利用网络效应促进用户之间进行交互,从而为用户提供价值.但对于后进入市场的新平台而言,网络效应导致新平台扩散过程中,决策者之间具有很强的依赖性,“已经加入新平台的用户太少”是决策者拒绝加入新平台的主要原因.用户人数超过临界值后,潜在用户预期新平台会成功,觉得加入新平台的风险较低,从而平台开始迅速扩大规模,这个临界值就是新平台成功扩散需要的临界用户规模<sup>[15]</sup>.为了克服临界用户规模问题,新平台在启动阶段需要通过渗透定价、试用、免费赠送等各种市场手段吸引一定数量的用户使用新平台,然后通过这些早期用户影响潜在用户的决策,当足够多的用户加入了新平台,形成正反馈机制并发挥作用,最终新平台扩散成功.假定在平台启动阶段(对应  $t = 0$ ),提供新支付平台  $N$  的厂商运用价格折扣、促销和其它各种措施取得了市场份额( $\Phi^b(0)$ ,  $\Phi^s(0)$ )表示比例为  $\Phi^b(0)$  的买方用户采用了新支付平台  $N$ ,比例为  $\Phi^s(0)$  的卖方用户也采用了新支付平台,剩下分别有比例为  $(1 - \Phi^b(0))$ ,  $(1 - \Phi^s(0))$  的买方和卖方用户采用旧支付平台  $O$ .市场上的每个用户都有两个策略:采用旧支付平台  $O$  或新支付平台  $N$ .显然,一个买方用户与一个卖方用户交互时可能出现  $(b_o, s_o)$ 、 $(b_o, s_N)$ 、 $(b_N, s_o)$  和  $(b_N, s_N)$  四种情况中的任意一种. $(b_o, s_o)$  表示买方用户和卖方用户都采用旧支付平台,其他依此

类推. 在时刻  $t$ , 买方用户社交网络上度为  $k$  的节点采用新支付平台的比例为  $\Phi_k^b(t)$ , 整个市场上买方用户采用新平台的比例  $\Phi^b(t) = \langle \Phi_k^b(t) \rangle \equiv \sum_k P_b(k) \Phi_k^b(t)$ ; 与之类似, 在时刻  $t$  卖方用户竞争网络上度为  $k$  的节点采用新支付平台的比例是  $\Phi_k^s(t)$ , 整个市场上卖方用户采用新支付平台的比例为  $\Phi^s(t) = \langle \Phi_k^s(t) \rangle \equiv \sum_k P_s(k) \Phi_k^s(t)$ ;  $\Phi^b(t)$  和  $\Phi^s(t)$  随时间  $t$  的变化过程即第三方支付新平台在整个市场上的扩散过程.

对于买方用户而言, 其平台采用决策既与平台自身的服务质量、平台上卖方用户的数量有关, 还与其所处的社交网络上其他用户的采用决策有关. 因此, 买方用户的决策函数中同时包含采用平台的经济效用和社会效用. 对于经济效用, 买方用户加入新旧平台的经济效用由平台服务质量以及交叉网络效应共同决定, 从而买方用户  $i$  在  $t$  时刻采用旧平台或新平台所获得的经济效用分别为

$$u_{i,t}^{b,O} = q_{i-1}^O + d_{i-1}^O(1 - \Phi^s(t-1)) \quad (1)$$

$$u_{i,t}^{b,N} = q_{i-1}^N + d_{i-1}^N \Phi^s(t-1) \quad (2)$$

式(1)表明,  $t$  时刻买方用户  $i$  采用旧平台  $O$  所获得的效用等于旧平台  $O$  在  $t-1$  时刻的服务质量  $q_{i-1}^O$  加上旧平台  $O$  的卖方用户(比例为  $1 - \Phi^s(t-1)$ ) 对该平台买方用户的交叉网络效应导致的网络价值, 网络价值大小等于旧平台  $O$  在  $t-1$  时刻的买方交叉网络效应强度  $d_{i-1}^O$  与该时刻市场上采用旧平台  $O$  的卖方用户规模  $1 - \Phi^s(t-1)$  两者的乘积. 与之类似, 式(2)反映了买方用户  $i$  采用新平台  $N$  所获得的效用等于新平台  $N$  在  $t-1$  时刻的服务质量  $q_{i-1}^N$  加上新平台  $N$  的卖方用户(比例为  $\Phi^s(t-1)$ ) 对该平台买方用户的交叉网络效应带来的网络价值.

对于卖方用户, 其平台采用决策既与平台服务质量以及平台上买方用户的数量有关, 还与其所处的竞争网络上其他用户的采用决策有关, 卖方用户的决策函数中也同时包含采用平台的经济效用和社会效用. 平台上的卖方用户  $j$  在  $t$  时刻采用旧平台或新平台所获得的经济效用分别为

$$u_{j,t}^{s,O} = q_{i-1}^O + g_{i-1}^O(1 - \Phi^b(t-1)) \quad (3)$$

$$u_{j,t}^{s,N} = q_{i-1}^N + g_{i-1}^N \Phi^b(t-1) \quad (4)$$

式(3)表明,  $t$  时刻卖方用户  $j$  采用旧平台  $O$

所获得的效用等于旧平台  $O$  在  $t-1$  时刻的服务质量  $q_{i-1}^O$  加上旧平台  $O$  的买方用户(比例为  $1 - \Phi^b(t-1)$ ) 对该平台卖方用户的交叉网络效应导致的网络价值, 网络价值大小等于旧平台  $O$  在  $t-1$  时刻的卖方交叉网络效应强度  $g_{i-1}^O$  与该时刻市场上采用旧平台  $O$  的买方用户规模  $1 - \Phi^b(t-1)$  两者的乘积. 式(4)的含义与之类似, 不再赘述.

考虑到技术创新和平台企业学习效应的共同作用, 式(1)-(4)中的旧、新平台服务质量  $q_{i-1}^O$  和  $q_{i-1}^N$  都会随着时间和用户规模变化而不断改进, 假定按如下方式改进

$$q_i^O = q_{i-1}^O + I_O((1 - \Phi^b(t-1)) + (1 - \Phi^s(t-1))) q_{i-1}^O \frac{q_{\max}^O - q_{i-1}^O}{q_{\max}^O} \quad (5)$$

$$q_i^N = q_{i-1}^N + I_N(\Phi^b(t-1) + \Phi^s(t-1)) q_{i-1}^N \frac{q_{\max}^N - q_{i-1}^N}{q_{\max}^N} \quad (6)$$

式中  $q_i^O$  和  $q_i^N$  分别代表旧平台  $O$  和新平台  $N$  在  $t$  时刻的服务质量,  $q_{\max}^O$  和  $q_{\max}^N$  分别表示两个平台通过技术创新和服务创新所能达到的最高服务质量, 服务质量存在极限值归结于平台所采用技术的演化模式遵循 S 型曲线.  $I_O$  和  $I_N$  ( $0 < I_O, I_N < 1$ ) 反映了平台技术创新速度, 值越大表示平台质量改进速度越快.  $I_O$  和  $I_N$  不一定相等, 这是因为旧平台和新平台各自所使用的核心技术可能并不属于同一技术轨道, 即存在激进式或不连续型技术创新. 对此时的新旧平台而言, 其各自技术创新能力存在明显差别. 同时,  $I_O$  和  $I_N$  的大小也反映了技术轨道处于其生命周期的哪一阶段:  $I_O$  和  $I_N$  比较小时, 技术处于引入期或成熟期;  $I_O$  和  $I_N$  比较大时, 技术则处于成长期.

双边平台领域的实证研究结果表明, 平台服务质量会影响平台网络效应强度<sup>[16]</sup>. 因此, 为简化起见, 假设平台网络效应强度与平台自身质量线性相关, 即  $d_i^O = A_b q_i^O$ ,  $d_i^N = A_b q_i^N$ ,  $g_i^O = A_s q_i^O$  和  $g_i^N = A_s q_i^N$ . 式中, 系数  $A_b$  和  $A_s$  反映了平台服务质量与平台交叉网络效应强度之间的相关程度. 当  $A_b$  和  $A_s$  很大且平台自身服务质量很高或平台架构设计中“交互功能”越强时, 平台的交叉网络效应强度就越大, 如平台搜索功能增强有助于提高交叉网络效应强度.

用户所处社会网络或竞争网络对其平台采用决策的影响, 分别用买方和卖方的社会效用来刻

画. 借鉴文献 [17] 的方法, 社会效益的具体表达形式如下

$$\begin{cases} \Theta_{i,t}^{b,\rho} = c_b \cdot \frac{\sum_j w_{ij}^{b,t-1,\rho}}{\sum_j a_{ij}^b} + (1 - c_b) \cdot \left\{ \frac{\sum_j [(\sum_k w_{ij}^{b,t-1,\rho} \cdot a_{jk}^b) - 1]}{\sum_j [(\sum_k a_{ij}^b \cdot a_{jk}^b) - 1]} \right\} \\ \Theta_{i,t}^{b,N} = c_b \cdot \frac{\sum_j w_{ij}^{b,t-1,N}}{\sum_j a_{ij}^b} + (1 - c_b) \cdot \left\{ \frac{\sum_j [(\sum_k w_{ij}^{b,t-1,N} \cdot a_{jk}^b) - 1]}{\sum_j [(\sum_k a_{ij}^b \cdot a_{jk}^b) - 1]} \right\} \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \Theta_{i,t}^{s,\rho} = c_s \cdot \frac{\sum_j w_{ij}^{s,t-1,\rho}}{\sum_j a_{ij}^s} + (1 - c_s) \cdot \left\{ \frac{\sum_j [(\sum_k w_{ij}^{s,t-1,\rho} \cdot a_{jk}^s) - 1]}{\sum_j [(\sum_k a_{ij}^s \cdot a_{jk}^s) - 1]} \right\} \\ \Theta_{i,t}^{s,N} = c_s \cdot \frac{\sum_j w_{ij}^{s,t-1,N}}{\sum_j a_{ij}^s} + (1 - c_s) \cdot \left\{ \frac{\sum_j [(\sum_k w_{ij}^{s,t-1,N} \cdot a_{jk}^s) - 1]}{\sum_j [(\sum_k a_{ij}^s \cdot a_{jk}^s) - 1]} \right\} \end{cases} \quad (8)$$

式(7) - (8) 中,  $\Theta_{i,t}^{b,\rho}$ ,  $\Theta_{i,t}^{b,N}$ ,  $\Theta_{i,t}^{s,\rho}$  和  $\Theta_{i,t}^{s,N}$  分别表示  $t$  时刻采用旧平台的买方用户、采用新平台的买方用户、采用旧平台的卖方用户和采用新平台的卖方用户各自获得的社会效用, 也即各自网络邻居的平台采用决策对他们的影响效果.  $w_{ij}^{b,t-1,\rho}$  表示考虑影响强度时  $t - 1$  时刻采用旧平台的买方用户构成的子社交网络, 其他依此类推. 参数  $c_b = 1$  和  $c_s = 1$  分别表示社交网络和竞争网络上邻居的影响作用均等,  $c_b = 0$  和  $c_s = 0$  分别表示社交网络和竞争网络上邻居的影响作用与邻居所拥有的度成正比.  $\sum_j [(\sum_k w_{ij}^{b,t-1,\rho} \cdot a_{jk}^b) - 1]$  表示  $t - 1$  时刻买方用户  $i$  的邻居的邻居中采用旧平台的数目,  $\sum_j [(\sum_k a_{ij}^b \cdot a_{jk}^b) - 1]$  表示买方用户  $i$  的邻居的邻居个数, 其他依此类推.

不管是买方用户还是卖方用户, 他们的总效用都等于从平台获得的经济效用与受网络邻居影响产生的社会效用之和, 具体表达式如下

$$\begin{cases} U_{i,t}^{b,\rho} = u_{i,t}^{b,\rho} + f_b \cdot \Theta_{i,t}^{b,\rho} \\ U_{i,t}^{b,N} = u_{i,t}^{b,N} + f_b \cdot \Theta_{i,t}^{b,N} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} U_{j,t}^{s,\rho} = u_{j,t}^{s,\rho} + f_s \cdot \Theta_{j,t}^{s,\rho} \\ U_{j,t}^{s,N} = u_{j,t}^{s,N} + f_s \cdot \Theta_{j,t}^{s,N} \end{cases} \quad (10)$$

其中系数  $f_b$  和  $f_s$  分别表示社交网络和竞争网络可能为买方用户和卖方用户提供的最大社会效用, 分别衡量了买方和卖方两个群体的平台采用决策受到社会影响的程度, 间接反映了用户理性决策

程度.

将第三方支付平台整个扩散过程看成是离散动态系统, 所有用户从  $t - 1$  时刻进入  $t$  时刻后, 对平台采用策略进行同步更新. 买方用户和卖方用户根据式(1) - (10) 估算各自采用新平台和旧平台的总效用, 然后按照经典的 Logit 模型进行决策. 买方用户  $i$  采用旧平台和新平台的概率如下式所示

$$\begin{aligned} \Psi_{i,t}^{b,\rho} &= \frac{e^{(U_{i,t}^{b,\rho})}}{e^{(U_{i,t}^{b,\rho})} + e^{(U_{i,t}^{b,N})}} \\ \Psi_{i,t}^{b,N} &= \frac{e^{(U_{i,t}^{b,N})}}{e^{(U_{i,t}^{b,\rho})} + e^{(U_{i,t}^{b,N})}} \end{aligned} \quad (11)$$

卖方用户  $j$  采用旧平台和新平台的概率如下式所示

$$\begin{aligned} \Psi_{j,t}^{s,\rho} &= \frac{e^{(U_{j,t}^{s,\rho})}}{e^{(U_{j,t}^{s,\rho})} + e^{(U_{j,t}^{s,N})}} \\ \Psi_{j,t}^{s,N} &= \frac{e^{(U_{j,t}^{s,N})}}{e^{(U_{j,t}^{s,\rho})} + e^{(U_{j,t}^{s,N})}} \end{aligned} \quad (12)$$

前面定量刻画了用户的决策行为、交叉网络效应、经济效用和社会效用的计算方法以及平台采用决策的概率准则, 对第三方支付平台的整体扩散过程进行了刻画, 但对买方用户在社交网络上、卖方用户在竞争网络上的扩散过程还没有深入分析, 接下来将给出描述两类用户在各自网络上扩散的动态演化方程. 下面运用统计力学方法描述网络扩散的动态方程不仅适用于社交网络扩

散,也适用于竞争网络扩散.因此,接下来不单独给出某个特定网络上的扩散方程,而是给出通用方程,实践中只要代入具体的网络结构和参数值即可.

给定网络结构矩阵  $\{a_{ij}^l\}$ ,  $l = b$  表示社交网络或  $l = s$  表示竞争网络 ( $\{w_{ij}^l\}$  是相应的权重网络),网络的度分布为  $P_l(k)$ .时刻  $t$  采用旧支付平台  $O$ 、度为  $k$ 、且有  $m$  个网络邻居采用新支付平台的节点切换到采用新支付平台的概率为  $F_{m,k}^{l,l} dt$ ;反之,已经采用新支付平台、其他条件相同的节点切换到采用旧支付平台的概率为  $H_{m,k}^{l,l} dt$  其中  $dt$  表示用户实现切换决策的时间间隔.令  $R_{k,m}^{O,l}(t)$  和  $R_{k,m}^{N,l}(t)$  表示时刻  $t$ 、有  $m$  个邻居采用新支付平台、度为  $k$  的用户采用旧支付平台  $O$  和新支付平台  $N$  的  $l = b$  或  $s$  方用户比例.时刻  $t$ 、度为  $k$  的用户采用新支付平台的比例  $\Phi_k^l(t) = \sum_{m=0}^k R_{k,m}^{N,l}(t) = 1 - \sum_{m=0}^k R_{k,m}^{O,l}(t)$  对所有的  $k$  进行叠加,得到采用新支付平台的用户比例  $\Phi^l(t) = \langle \Phi_k^l(t) \rangle = \sum_k P_l(k) \Phi_k^l(t)$ .假定新支付平台在启动阶段获得比例  $\Phi^l(0)$  的用户随机分布在平台用户网络上,则可计算  $R_{k,m}^{O,l}(0) = (1 - \Phi^l(0)) \times B_{k,m}(\Phi^l(0))$  和  $R_{k,m}^{N,l}(0) = \Phi^l(0) B_{k,m}(\Phi^l(0))$ ,  $B_{k,m}$  表示二项分布.  $F_{m,k}^{l,l}$  和  $H_{m,k}^{l,l}$  按照以下方法确定:令  $D_i$  为取值 0 或 1 的变量,对于  $t - 1$  时刻采用旧支付平台的节点  $i$ ,如果它的度为  $k$  且恰好有  $m$  个网络邻居采用新支付平台则  $D_i = 1$ ,反之  $D_i = 0$ ;记  $\bar{\Psi}_{(k,m),l}^{l,O} = \sum_{i=1}^{M_l} \Psi_{i,l}^{l,O} D_i / \sum_{i=1}^{M_l} D_i$  表示  $t - 1$  时刻度为  $k$  且恰好有  $m$  个网络邻居采用新支付平台的节点在  $t$  时刻仍旧愿意采用旧支付平台的平均概率,这些节点切换到新支付平台的概率是  $F_{m,k}^{l,l} = 1 - \bar{\Psi}_{(k,m),l}^{l,O}$ ;与之类似,对于  $t - 1$  时刻采用新支付平台的节点  $i$ ,如果它的度为  $k$  且恰好有  $m$  个网络邻居采用新支付平台则  $D_i = 1$ ,反之  $D_i = 0$ ;记  $\bar{\Psi}_{(k,m),l}^{l,N} = \sum_{i=1}^{M_l} \Psi_{i,l}^{l,N} D_i / \sum_{i=1}^{M_l} D_i$  表示  $t - 1$  时刻度为  $k$  且恰好有  $m$  个网络邻居采用新支付平台的节点在  $t$  时刻仍旧愿意采用新支付平台的平均概率,这些节点切换到旧支付平台的概率是  $H_{m,k}^{l,l} = 1 - \bar{\Psi}_{(k,m),l}^{l,N}$ .

$R_{k,m}^{O,l}(t)$  和  $R_{k,m}^{N,l}(t)$  的演化动力学可以由下式表示(公式推导过程请参考文献 Gleeson<sup>[18]</sup>)

$$\frac{d}{dt} R_{k,m}^{O,l} = -F_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{O,l} + H_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{N,l} - \beta^{O,l}(k-m) R_{k,m}^{O,l} + \beta^{O,l}(k-m+1) R_{k,m-1}^{O,l} - \gamma^{O,l} m R_{k,m}^{O,l} + \gamma^{O,l}(m+1) R_{k,m+1}^{O,l} \quad (13)$$

$$\frac{d}{dt} R_{k,m}^{N,l} = -H_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{N,l} + F_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{O,l} - \beta^{N,l}(k-m) R_{k,m}^{N,l} + \beta^{N,l}(k-m+1) R_{k,m-1}^{N,l} - \gamma^{N,l} m R_{k,m}^{N,l} + \gamma^{N,l}(m+1) R_{k,m+1}^{N,l} \quad (14)$$

其中  $0 \leq m \leq k$ , 时变中间变量  $\beta^{O,l}, \gamma^{O,l}, \beta^{N,l}$  和  $\gamma^{N,l}$  根据如下公式计算

$$\beta^{O,l} = \frac{\langle \sum_{m=0}^k (k-m) F_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{O,l} \rangle}{\langle \sum_{m=0}^k (k-m) R_{k,m}^{O,l} \rangle}, \quad \beta^{N,l} = \frac{\langle \sum_{m=0}^k m F_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{O,l} \rangle}{\langle \sum_{m=0}^k m R_{k,m}^{O,l} \rangle},$$

$$\gamma^{O,l} = \frac{\langle \sum_{m=0}^k (k-m) H_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{N,l} \rangle}{\langle \sum_{m=0}^k (k-m) R_{k,m}^{N,l} \rangle}, \quad \gamma^{N,l} = \frac{\langle \sum_{m=0}^k m H_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{N,l} \rangle}{\langle \sum_{m=0}^k m R_{k,m}^{N,l} \rangle} \quad (15)$$

$$\beta^{N,l} = \frac{\langle \sum_{m=0}^k m F_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{O,l} \rangle}{\langle \sum_{m=0}^k m R_{k,m}^{O,l} \rangle}, \quad \gamma^{N,l} = \frac{\langle \sum_{m=0}^k m H_{m,k}^{l,l} R_{k,m}^{N,l} \rangle}{\langle \sum_{m=0}^k m R_{k,m}^{N,l} \rangle} \quad (16)$$

显然,一旦给定初始条件:1) 网络结构矩阵  $\{a_{ij}^b\}$  和  $\{a_{ij}^s\}$  或  $(\{w_{ij}^b\}$  和  $\{w_{ij}^s\})$ ; 2) 模型参数  $M_b, M_s, q_{max}^O, q_{max}^N, I_O, I_N, A_b, A_s, c_b, c_s, f_b, f_s$  的具体数值; 3) 随机选择的初始用户比例  $\Phi^b(0)$  和  $\Phi^s(0)$ , 容易根据式 (1) - (16) 计算出第三方支付平台在市场上的整个扩散过程.虽然式 (1) - (16) 以微分方程形式描述了采用新支付平台的买方和卖方用户比例随时间变化的规律,但无法求出方程的一般解,只有借助数值计算方法,从  $t = 1$  开始逐步迭代.当  $t$  迭代到一个很大的数时,记录  $R_{k,m}^{O,l}(t), R_{k,m}^{N,l}(t), \Phi_k^l(t)$  和  $\Phi^l(t)$  随  $t$  变化的整个过程,不仅可以清楚地描述出第三方支付平台的宏观扩散模式(主要由  $\Phi_k^l(t)$  和  $\Phi^l(t)$  描述),还可以描述微观层面的扩散模式( $R_{k,m}^{O,l}(t)$  和  $R_{k,m}^{N,l}(t)$ ) 揭示了微观层面具有统计意义的信

息) ,而且数值计算结果非常接近仿真方法所能达到的精度<sup>[19]</sup> .

### 3 模型参数估计和验证方法

前面的建模框架提供了刻画平台系统动态扩散过程的方法 ,应用于具体平台建模和策略制定时需要估计模型参数并验证模型的效果. 鉴于本文重点是提出一种新的平台扩散建模框架 ,不拟深入讨论全新的模型参数估计方法和模型验证方法. 接下来 ,仅讨论如何整合文献中的现有方法 ,用来估计模型参数和验证模型性能. 具体步骤如下.

第一步 ,根据收集到的平台扩散数据逐个估算扩散模型中各参数的取值范围 ,估计方法如下:

1) 用户网络矩阵  $\{a_{ij}^b\}$  和  $\{a_{ij}^s\}$  或  $(\{w_{ij}^b\}$  和  $\{w_{ij}^s\})$  的估计方法. 考虑到社交网络和竞争网络都是典型的复杂网络 ,可以利用宏观扩散数据估计网络结构属性 ,也可以运用最近几年发展起来的复杂网络抽样方法估计平台用户网络结构. 鉴于度分布对扩散过程的重要影响 ,Yaniv 等人提出根据扩散数据估计网络度分布的方法<sup>[20]</sup> . 显然 ,直接运用前述文献提出的方法估计平台社交和竞争网络的结构特征可能不太准确 ,但可以获得网络结构的分布类型和参数范围.

2) 可控性参数  $M_b$ 、 $M_s$ 、 $q_{\max}^O$ 、 $q_{\max}^N$ 、 $J_O$ 、 $I_N$ 、 $A_b$ 、 $A_s$ 、 $c_b$ 、 $c_s$ 、 $f_b$ 、 $f_s$  的估计方法. 市场规模  $M_b$  和  $M_s$  的大小一般通过市场分析数据获得 ,或者运用德尔菲等专家预测法进行估计; 平台最高服务质量  $q_{\max}^O$  和  $q_{\max}^N$  主要通过对领域内的专家进行调查 ,然后再进行估计; 平台创新速度  $J_O$  和  $I_N$  也需要通过对平台用户开展调查以及综合专家访谈法来进行估计; 平台服务质量和交叉网络效应强度相关系数  $A_b$  和  $A_s$  的大小可以综合运用文献实证研究的结果和对用户开展调查获得的数据进行估计; 影响强度参数  $c_b$  和  $c_s$  相对而言比较好确定 ,只要根据网络结构矩阵和平台用户受邻居影响的方式决定是 0 还是 1; 最大社会效用  $f_b$  和  $f_s$  可以采用类似效用函数的测度方法 ,可运用用户实验法测定. 由于这些参数与平台的技术水平、经营战略和运作管理能力等直接相关 ,平台企业在一定程度上可以通过某些方式施加干预和影响.

3) 平台启动阶段获得的初始用户比例

$\Phi^b(0)$  和  $\Phi^s(0)$  . 这两个参数的取值取决于研究目标: 如果是根据前期真实扩散数据预测将来的扩散过程 ,则可以根据平台实际获得的用户比例进行赋值; 如果是对模型进行理论研究 ,如考察各参数和变量的作用效果 ,则可以参考创新扩散文献的主流经验 ,设置为 1% ~ 5% 范围内的数值为宜.

第二步 ,借鉴文献 [21, 22] 提出的数据协作方法 ,利用第一步估计的参数范围 ,对扩散模型的全部参数进行同时估计并验证模型的可行性.

数据协作方法包含 3 个基本要素: 1) 参数向量 ,允许参数在一定范围内变动 ,可以运用第一步提出的方法进行初步估计; 2) 实际系统的观测向量 ,对应了平台扩散的动态过程数据 ,允许观测数据与真实情况有一定的误差; 3) 模型系统及其对应的输出向量. 将扩散过程从  $t-1$  阶段更新到  $t$  阶段看作平台扩散模型的一次试验 ,扩散过程的数据点对应了相应次数的试验 ,多次试验数据之间构成了协作和约束关系 ,利用这类关系构建半正定优化问题并加以求解 ,即可同时获得参数向量的具体大小. 如果参数向量的解空间存在 ,即表示该模型通过了实证数据的检验.

第三步 ,利用交叉检验方法估计模型预测性能.

将实证扩散数据去掉一个观测数据 ,对剩下数据利用第二步的估计方法得到扩散模型 ,利用估计模型对去掉的数据点进行预测. 对每个数据点重复前述步骤 ,得到样本数目大小的预测数据. 根据平台扩散过程的实证数据和模型估算的预测数据 ,计算误差大小即可获得平台扩散模型的预测性能.

### 4 基于计算实验的模型应用案例

本文建模框架的理论价值不仅表现在提出了一个刻画竞争性平台扩散过程的方法 ,更重要之处是为制定各种平台扩散策略提供了基准性分析框架. 研究人员可以在基本模型的基础上进行扩展和修正 ,将平台企业采取的各种策略和扩散模型的相关参数关联起来 ,通过对扩散过程进行优化和控制 ,可求解各种最优扩散策略. 接下来以平台最优定价策略研究为例 ,提出对本文模型进行扩展从而对平台最优定价策略进行研究的总体思

路,表明研究人员可以在本文提出的统一分析框架下研究各种具体的平台竞争和扩散策略.

最优定价是平台竞争研究中的关键问题,文献集中于分析最优价格结构以及用户异质性等对价格结构的影响<sup>[23-24]</sup>,大多假定平台在市场上会成功扩散,关心平台企业采用何种价格结构才能获得利润最大化或社会福利最大化.此外,由于采用静态分析框架,这类文献难以研究动态定价和考虑收入的时间价值等因素.运用本文模型则可克服前述不足:价格用  $(p_b, p_s)$  表示,只要将价格嵌入到式(3)-(4)中,此时平台买方和卖方获得的经济效用分别为  $\bar{u}_i^{b,N} = u_i^{b,N} - p_b$  和  $\bar{u}_i^{s,N} = u_i^{s,N} - p_s$ ,平台企业获取的利润  $\Pi(p_b, p_s) = \sum_{t=1}^{\infty} (1 + \delta)^{-t} \times M_b \Phi^b(t) p_b + \sum_{t=1}^{\infty} (1 + \delta)^{-t} M_s \Phi^s(t) p_s$  是价格的函数,其中  $\delta$  是时间折扣因子,体现资金的时间价值.显然,只要对利润函数求一阶偏导数,求解联立方程组即可得到平台最优定价策略.更进一步,考虑动态定价.平台服务质量提高和平台用户数量增长后,用户获得的经济效用随之增加,因此可以假定平台价格是经济效用的函数.例如,令  $p_b^t = \lambda_b (u_i^{b,N})^2$  和  $p_s^t = \lambda_s (u_i^{s,N})^2$ ,运用前述分析过程,则可以获得最优动态定价策略.

考虑包含买方和卖方两类用户的新平台与在位平台竞争时的最优定价,利用前文的模型框架

和计算实验,通过数值计算方法论证动态定价比静态定价的优越之处.图1比较了静态定价和动态定价对均衡时的市场份额和平台利润两个维度的影响.由于平台卖方对价格不敏感,图中主要考虑平台买方用户的最优定价.从图1(a)和图1(c)两个子图可以看出:(1)静态定价下,平台利润和市场份额随买方定价大小变化的规律是一致的,最优定价时平台的市场份额和平台利润同时达到最大;(2)动态定价下,定价范围为  $(-2, 0)$  时,也即平台对买方实行价格补贴策略,平台的买方用户市场份额随着定价的提高而增加,平台利润却随着定价的提高而减少.动态定价更能反映真实情况,平台对买方用户补贴越多,卖方用户对该平台预期就越高,认为未来会有足够多的买家加入平台,从而会吸引大量卖家加入,通过对卖家收取较高费用从而导致平台利润变大.反之,当买方定价范围为  $(0, 2)$  时,平台的买方用户市场份额随定价的提高而减少,从而平台利润随之降低.因此,动态定价可以深入揭示平台发展的运行机理.此外,图1(b)和图1(d)表明,平台运用动态定价策略获得的最优利润高于运用静态定价策略获得的最优利润,但是静态定价下的市场份额高于动态定价情形.静态定价时买方用户的市场份额比较高,但是却不能为平台带来更高的利润;动态定价时平台对买方用户补贴,市场份额虽然较低,但会为平台带来更多利润.

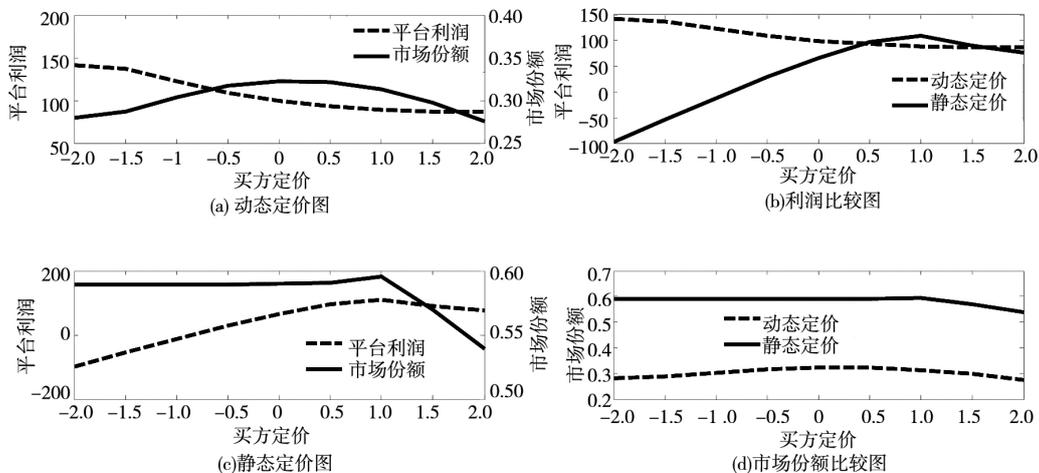


图1 动态定价与静态定价时的平台利润和市场份额比较图

Fig. 1 Comparing platform profit and market share of dynamic pricing and static pricing

注:子图 a 和 c 分别是采用动态定价和静态定价时的平台利润和市场份额变化状况;子图 b 和 d 分别是利润和市场份额的动态定价和静态定价效果对比图.

接下来考察平台扩散模型参数—潮流口碑效应(衡量了用户加入平台获得的社会效用大小)对最优定价策略的影响. 图 2 显示了潮流口碑效应强度在采用动态定价和静态定价时的效果差异. 首先,潮流和口碑效应强度不会对平台最优定

价产生影响,但是会改变平台利润;其次,随着潮流和口碑效应增强,动态定价下平台利润增加,静态定价下利润却减少.因此,如果采用动态定价策略,平台管理者可以通过加强潮流和口碑效应强度来提高平台利润.

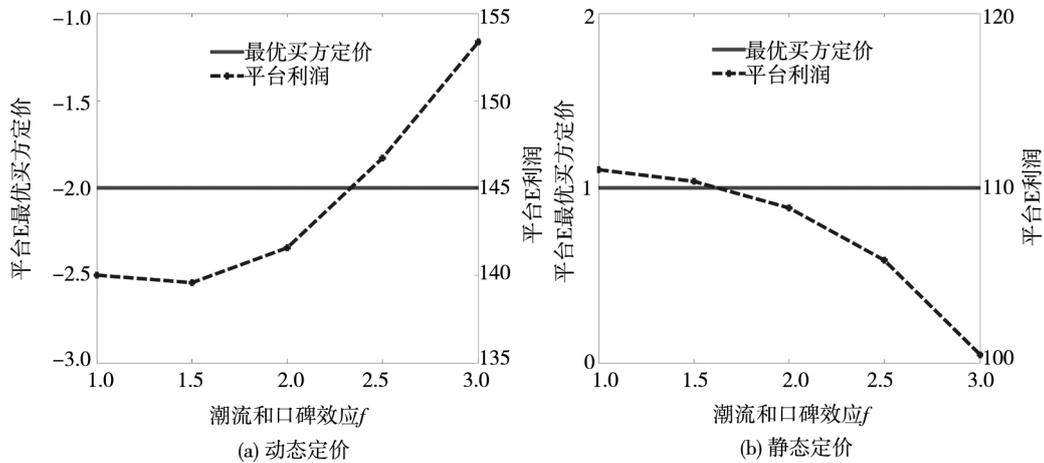


图 2 动态定价及静态定价时,潮流和口碑效应强度  $f$  对平台最优定价和利润的影响机理  
 Fig. 2 Influence mechanisms of the fashion and word-of-mouth strength  $f$  on the optimized price and profit when dynamic pricing and static pricing are implemented

注:图中实线表示最优买价,虚线表示平台利润.结果表明在不同潮流和口碑效应强度下,最优定价不变,但是平台利润存在差异.动态定价下提升潮流和口碑效应会增加平台利润;与之相反,静态定价下提升潮流和口碑效应会减少平台利润.

为了与现有文献模型进行对比,本文以文献[25]提出的微分博弈平台扩散模型为基准.鉴于预期自我实现的双边平台模型本质上是单阶段博弈模型,用户是否加入某平台取决于用户对该平台最终安装基础大小的预期,微分博弈平台扩散模型将单阶段博弈模型扩展为多阶段(甚至无穷多个阶段)博弈模型,每个阶段用户基于他们观察到的前一阶段各平台安装基础来决策是否加入某个平台<sup>[25]</sup>.本文模型包含了微分博弈模型的主要建模思想和该分析框架的优点,在其基础上增加了社会效用(体现为社交网络和竞争网络对用户决策行为的社会影响)对扩散过程作用的考察.显然,社交网络和竞争网络是完全的随机网络时,本文模型与微分博弈模型没有本质区别.下面

考察用户网络结构度分布对平台竞争结果的影响.

图 3 比较了度分布分别为对数正态分布、随机分布(对应了文献的微分博弈模型)、无标度分布和均匀分布时平台定价策略和平台利润的影响.图 3(a)和 3(b)分别考察了动态定价和静态定价两种情形.容易看出,不管动态定价还是静态定价,无标度网络与随机网络相比,价格与利润的关系都存在明显差异.实证研究表明,大量社会经济网络都是无标度网络,因此平台管理者应该基于价格—利润的关系模式制定用户网络干预策略,实现提高平台利润的目标<sup>[26]</sup>.本文模型与文献模型相比,提供了考察用户网络作用效果以及开发相应管理策略的模型工具.

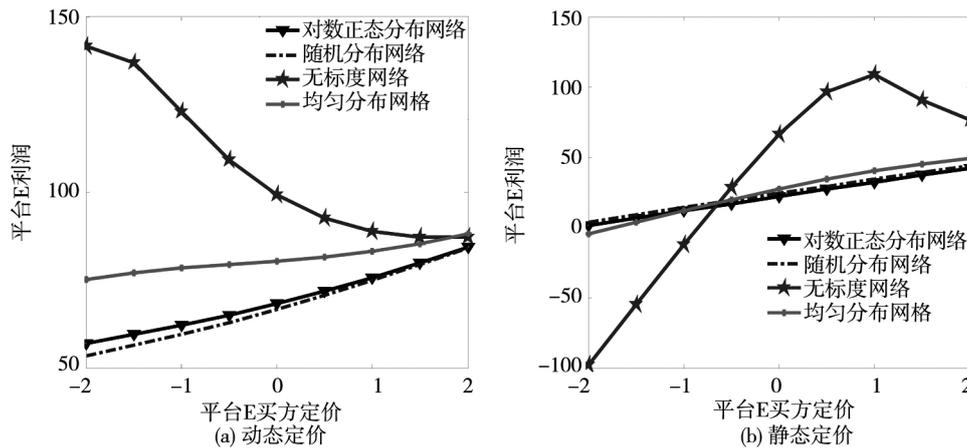


图3 动态定价和静态定价下,用户网络度分布对平台定价—利润关系模式的影响机理

Fig. 3 Influence mechanisms of the user network degree distribution on the relationship pattern of price-profit when dynamic pricing and static pricing are implemented

注:无标度网络下平台定价与平台利润的关系模式明显不同于其他类型网络:动态定价时,无标度网络对应的平台利润绝大部分情况下高于其它网络;静态定价时,无标度网络在平台定价大于零时的平台利润也高于其它类型网络.

### 5 结束语

本文将第三方支付新平台扩散过程模型化为买方用户在社交网络、卖方用户在竞争网络上的并行扩散,且两个扩散过程通过交叉网络效应实现动态耦合演进.模型中,买方用户采用新支付平台的概率是平台服务质量、社交网络上邻居采用新平台的比例和已采用新平台的卖方用户数量三者的函数;卖方用户采用新支付平台的概率是平台服务质量、竞争网络上邻居采用新平台的比例和已采用新平台的买方用户数量三者的函数;分别运用统计力学方法建立了描述新支付平台在用户社交网络和竞争网络上扩散的微分方程组,两个网络上的扩散动力学相互耦合,共同刻画了第三方支付平台同时在买方和卖方两方用户群体中

的扩散过程.基于本文提出的模型可以计算出整个扩散过程的轨迹,这为分析各种因素对扩散过程的影响和评估各种扩散策略的效果提供了很好的分析框架.为说明模型的使用方法,作者还讨论了模型主要参数的估计思路和模型验证步骤,并以平台最优定价为例讨论了对基本模型进行扩展以对扩散策略进行深入研究的思路.此外,通过与文献模型对比,指出本文模型包含了微分博弈扩散模型等主要建模框架的优点,同时具有更好的建模效果.

本文模型最大优势是在较为全面刻画平台、尤其是第三方支付平台扩散过程本质特征的基础上,具有可计算、易扩展的特点.但是,该模型还存在两个主要不足,需要在将来进一步展开深入研究:(1)提出模型参数、尤其是用户网络结构的严格估计方法;(2)运用多个产业的实际平台扩散数据检验模型的预测能力.

### 参考文献:

[1]庄新田,黄玮强.基于消费者网络的金融创新扩散研究[J].管理科学学报,2009,12(3):132-141.  
 Zhuang Xintian, Huang Weiqiang. Study on financial innovation diffusion model based on consumer network[J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(3): 132-141. (in Chinese)  
 [2]程贵孙.具有负网络外部性的媒体平台竞争与福利研究[J].管理科学学报,2010,13(10):89-96.

- Cheng Guisun. On the competition and welfare of media platform with the negative network externality [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(10): 89–96. (in Chinese)
- [3] Li Z W, Penard T. The role of quantitative and qualitative network effects in B2B platform competition [J]. *Managerial and Decision Economics*, 2014, 35(1): 1–19.
- [4] Amaral L A N, Uzzi B. Complex systems: A new paradigm for the integrative study of management, physical, and technological systems [J]. *Management Science*, 2007, 53(7): 1033–1035.
- [5] Watts D J, Dodds P S. Influentials, networks, and public opinion formation [J]. *Journal of Consumer Research*, 2007, 34(12): 441–458.
- [6] 盛昭瀚, 张维. 管理科学研究中的计算实验方法 [J]. *管理科学学报*, 2011, 14(5): 1–10.  
Sheng Zhaohan, Zhang Wei. Computational experiments in management science and research [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2011, 14(5): 1–10. (in Chinese)
- [7] Luo X, Li H, Zhang J, et al. Examining multi-dimensional trust and multi-faceted risk in initial acceptance of emerging technologies: An empirical study of mobile banking services [J]. *Decision Support Systems*, 2010, 49(2): 222–234.
- [8] Xue M, Lorin M H, Chen P. Determinants and outcomes of internet banking adoption [J]. *Management Science*, 2011, 57(2): 291–307.
- [9] Milne A. What is in it for us? Network effects and bank payment innovation [J]. *Journal of Banking & Finance*, 2006, 30(6): 1613–1630.
- [10] Calabrese A, Gastaldi M, Iacovelli I, et al. Innovation and competition in two-sided markets: The case of payment systems [J]. *International Journal of Management and Network Economics*, 2008, 1(1): 1–20.
- [11] Tosza K. Payment card systems as an example of two-sided market: A challenge for antitrust authorities [J]. *Yearbook of Antitrust and Regulatory Studies*, 2009, 2(2): 125–140.
- [12] 段文奇, 陈忠, 惠淑敏. 基于复杂网络的网络效应新产品扩散模式 [J]. *上海交通大学学报*, 2007, 41(7): 1069–1073.  
Duan Wenqi, Chen Zhong, Hui Shumin. The diffusion pattern of new product with network effects based on complex networks [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2007, 41(7): 1069–1073. (in Chinese)
- [13] 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 [J]. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(1): 67–75.  
Zhao Liangjie, Wu Bangtao, Duan Wenqi, et al. The influence of customer interactions on the diffusion of products with network effects: A view based on product life cycle [J]. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2012, 32(1): 67–75. (in Chinese)
- [14] Banerjee A, Chandrasekhar A G, Duflo E, et al. The diffusion of microfinance [J]. *Science*, 2013, 341(6144): 309–424.
- [15] Evans D S, Schmalensee R. Failure to launch: Critical mass in platform businesses [J]. *Review of Network Economics*, 2010, 9(4): 1–26.
- [16] Bin G, Prabhudev K. Competition among virtual communities and user valuation: The case of investing-related communities [J]. *Information Systems Research*, 2007, 18(1): 68–85.
- [17] Delre S A, Jager W, Bijmolt T H A, et al. Will it spread or not? The effects of social influences and network topology on innovation diffusion [J]. *Journal of Product Innovation and Management*, 2010, 27(2): 267–282.
- [18] Gleeson J P. High-accuracy approximation of binary-state dynamics on networks [J]. *Physical Review Letters*, 2011, 107(6): 068701(1–4).
- [19] Gleeson J P, et al. Accuracy of mean-field theory for dynamics on real-world networks [J]. *Phys. Rev. E*, 2012, 85(2): 026106(1–10).
- [20] Yaniv D, Goldenberg J, Shapira D. Network traces on penetration: Uncovering degree distribution from adoption data [J]. *Marketing Science*, 2012, 31(4): 689–712.
- [21] Seiler P, Frenklach M, Packard A, et al. Numerical approaches for collaborative data processing [J]. *Optimization and*

- Engineering ,2006 ,7( 4) : 459 – 478.
- [22]Turányi T , Nagy T , Zsély I G , et al. Determination of rate parameters based on both direct and indirect measurements [J]. International Journal of Chemical Kinetics ,2012 ,44( 5) : 284 – 302.
- [23]Weyl E G. A price theory of multi-sided platforms [J]. American Economy Review ,2010 ,100( 4) : 1642 – 1672.
- [24]王 强 ,陈宏民. 平台收费对网上交易市场价格离散的影响 [J]. 管理科学学报 ,2013 ,16( 3) : 1 – 9.  
Wang Qiang , Chen Hongmin. Effects of platform charges on price dispersion in online markets [J]. Journal of Management Sciences in China ,2013 ,16( 3) : 1 – 9. ( in Chinese)
- [25]Zhu F , Iansiti M. Entry into platform-based markets [J]. Strategic Management Journal ,2012 ,33( 1) : 88 – 106.
- [26]Valente T W. Network interventions [J]. Science ,2012 ,337( 6090) : 49 – 53.

## Diffusion model of third-party payment platform based on coupled user networks

*DUAN Wen-qi*

College of Economics and Management , Zhejiang Normal University , Jinhua 321004 , China

**Abstract:** Combining the two-sided platform and complex networks theory , a diffusion model was proposed to describe the coupled dynamics of a third-party platform spreading on buyers' social network and sellers' competition network respectively. In the model , the probability of buyers adopting the new payment platform is the function of three variables , including platform service quality , the ratio of neighbors in their social network adopted the new payment platform , and the number of sellers who also adopted the new payment platform; likewise , the probability of sellers adopting the new payment platform is the function of three variables , including platform service quality , the ratio of neighbors in their competition network adopted the new payment platform , and the number of buyers who also adopted the new payment platform; the statistical mechanics method was applied to developing differential equation groups to describe the diffusion process of the new payment platform on buyers' social network and sellers' competition network respectively; the coupled diffusion dynamics on those two networks has jointly characterized the diffusion process of the new payment platform in buyers' and sellers' communities simultaneously. In order to elaborate the utilizing method and framework value , this paper discussed the estimation method of model's parameters and the research ideas of extending the proposed model so as to investigate diffusion strategies.

**Key words:** third-party payment platform; two-sided market; complex networks; social network; competition network