**消费者间无标度人际关系网络下的Hotelling模型研究**

李锋1，魏莹2\*

（1. 华南理工大学工商管理学院，广东 广州510640；2. 暨南大学企业管理系，广东广州 510632）

摘要：以Hotelling模型为基准问题，采用多智能体建模方法分析当市场中消费者之间的人际关系网络为无标度网络时，且部分消费者在购买产品时会受到其朋友购买选择的影响。通过仿真分析了无标度关系网络对企业的定价策略的影响，以及消费者类型、无标度网络特征指标等参数影响。最后，通过对企业销售努力对其利润的影响分析表明，相比于对前两批到来的消费者施加影响，仅对最先到来的一批消费者施加最小的影响是投资回报率最高的策略。

关键词：Hotelling模型；无标度网络；销售努力；消费者行为；多智能体建模与仿真

中图分类号：F272.5 文献标识码：A 文章编号：

**0 引言**

随着不同类型电子商务层出不穷，如O2O（online to offline），网络口碑（online word of mouth）及口碑营销（word-of-mouth marketing）成为当前多交叉学科的研究热点问题。与此同时，以微博、博客为代表的社会媒体的繁荣，为网络口碑营销提供了一个崭新的传播平台。以中国互联网络信息中心CNNIC于2014年8月22日发布的“2014年中国社交类应用用户行为研究报告”为例，现实世界中用户的“朋友”有70%以上出现在其网络“好友”列表中。更重要的是，35.8%的网民愿意购买别人推荐的产品，比2013年同期上升了7.6个百分点，表明了越来越多网民逐步认可了社会媒体上的购物信息并对这些信息产生了信任。因此，研究网络用户（消费者）之间的相互影响，以及这种相互作用最终对产品供应方的运营策略和运营绩效产生的影响有着广泛而深刻的社会价值。

在理论研究中，传统口碑营销研究的对象是现实世界中的消费者以及他们所组成的社会关系网络，与网络用户自发形成的社会关系网络有明显差异。从根本上说，现实世界中的社会关系网络主要表现为小世界网络（small-world network），用户之间的差异性较小，属于同质网络。而网络世界中的社会关系网络多为无标度网络（scale-free network），用户之间的差异性较大，属于典型的异质网络。例如，前人的实证分析表明，无论是国外流行的社会关系网络（Twitter系统）[1]，还是国内流行的社会关系网络（新浪微博系统）都具有明显的无标度特性[2,3]。因此，前人针对现实世界中社会关系网络所做的分析和分析结果无法适用于网络世界中的口碑营销分析，研究工作具有重要的理论研究意义。

现阶段，对于网络用户的社会关系网络研究工作受限于网络用户数据信息的采集（大数据分析），目前还处于起步阶段。研究工作多采用实证分析的方法，分析如何选择口碑营销的发起源头节点（意见领袖）从而获得最大的营销效果。代表性工作包括：[4]用节点的网络中心性指标属性识别意见领袖节点；[5]将网络节点所代表用户的个体属性与网络中心性指标属性合并在一起用于建立识别意见领袖节点的评价指标体系；[6]提出采用贝叶斯信息增益最大化准则的X-means迭代聚类筛选模型来识别意见领袖；[7]应用客户关系管理中RFM模型（recency, frequency, monetary）描述用户属性，并采用BP神经网络来识别意见领袖。

但是，从消费者行为的角度侧重分析并量化微观层面上网络用户之间的相互作用对宏观层面上产品需求变化，以及产品定价等运营决策影响还不多见[8]。探索性的工作包括：[9]在实证分析的基础上，获得了口碑营销的原始数据，计算了投资回报率；[10]和[11]采用多智能体仿真方法，从消费者行为的视角分析了网络用户的“从众”心理对产品定价策略的影响[10]，以及网络用户的个体属性差异化对市场需求的影响[11]。造成这一现状的根源可以用复杂自适应系统理论进行解释，即宏观层面上的市场需求是微观层面上市场中每位消费者的购买决策“涌现”的结果。而经典的产品需求分析过分简化了消费者决策行为的异质性，即假定市场中所有消费者具有同质性，“完全理性”并独立决策。在此假设基础上进行的分析自然无法体现消费者复杂决策行为对产品需求及企业决策的影响。

因此，本篇论文采用复杂系统理论中的多智能体建模方法，为市场中所有消费者分别建立其智能体决策模型，并通过系统仿真来模拟“涌现”出的产品需求。在仿真消费者行为对产品需求的作用基础上，进一步分析产品需求变化以及企业的运营策略问题。具体来说，本篇论文以经典的Hotelling模型为基准，侧重分析无标度社会关系网络下消费者之间相互作用对产品需求以及产品定价的影响。最后，拓展研究当存在销售努力的情形下，消费者行为对企业市场决策的影响。

**1 多智能体仿真模型**

1.1 问题描述

本篇论文的基本问题模型为Hotelling模型，即市场中有两家竞争性企业（企业A和企业B）向消费者供应同质产品。假设市场为0到1的线段，企业A和B定位点固定，分别为0点和1点。由于供应的是相同的产品，且产品的供应量不受限制，企业A和企业B仅通过产品的价格（和）展开市场竞争。

该市场中，每位消费者都有确定的1个单位的产品购买需求。消费者均匀分布在[0,1]之间。消费者到企业A和企业B的距离分别为和。这里的(或)也称为Hotelling模型中的运输成本，可以视为消费者偏好和企业A(或B)提供产品间的差异，且满足因此，如果消费者从企业A处购买产品，其总成本函数为；从企业B处购买产品，其总成本函数为。如上所示，本研究问题可以描述为一个典型的双寡头Hotelling博弈模型：



图1 研究问题的基本模型

如果消费者完全理性，那么其将会选择购买总成本最低的企业，即。此时，企业A和企业B的最优定价、利润和市场需求分别为：

(1)

如前所述，本篇论文从消费者行为角度对其扩展，即：假定市场中消费者并非完全理性，而是有限理性（bounded rationality）；消费者并非独立决策，而是会受到其他消费者购买决策的影响。具体来说，扩展后的市场消费者特征如下：

1. 市场中包含两类不同的消费者和消费者决策模型。其中，第1类消费者在市场中占，其仅根据购买总成本最低原则选择企业。而市场中占的消费者，即第2类消费者，其在选择企业时，除了考虑购买总成本最低以外，还会跟随其社会关系网络中朋友们购买的决策。
2. 市场中第1类消费者为有限理性的消费者，其采用广泛接受的离散选择函数进行决策，即其选择不同企业A和企业B的概率分别为和）[10,12]：

(2)

式(2)中，参数表示顾客的理性程度：当时，则顾客的选择就为完全的随机选择，即顾客选择企业A或企业B的概率都为50%；而当时，则顾客的选择就为“完全理性”，即顾客必将选择总成本小的那个企业。

1. 市场中第2类消费者选择不同企业A和企业B的概率分别为和：

(3)

(3)中，由公式(2)计算得到，描述了第2类消费者的个人偏好；则描述了第2类消费者的社会偏好。具体来说，在第2类消费者进行购买决策时，假定其所有朋友中已经从企业A处购买产品的朋友数量为，和从企业B处购买产品的朋友数量为，定义了其朋友们的偏好：

(4)

结合(3)和(4)的定义，其共同描述了第2类消费者加权和形式的复杂决策行为：当第2类消费者的朋友们的购买选择（）如果与其独立决策时的选择（）相同或相近时，即，消费者将更“确信”自己的选择，即。反之，如果朋友们的选择如果与其独立决策时选择相背，，消费者将“怀疑”自己的选择，即。

1. 这两类消费者混合到达市场，为泊松过程，即到来的时间间隔。
2. 最先到达市场的第1批消费者，由于其购买决策时尚无有朋友购买产品（），因此无论其是第1类还是第2类消费者，都将独立决策，即。

1.2 智能体仿真模型

研究问题的多智能体建模是指分别建立4大类智能体，即模拟企业A决策行为的智能体‘Supplier A’ Agent、模拟企业B决策行为的智能体‘Supplier B’ Agent、独立决策的消费者‘Independent Customer’ Agent和受朋友影响的消费者‘Social Customer’ Agent等。两类消费者的决策过程如下所示：



图2 两类消费者决策过程

基于仿真的问题求解流程中，企业A和企业B首先公布各自的产品价格和，随后市场中两大类消费者顺序到来（泊松过程，且消费者总量为N），并做出自己的购买决策。接着，企业A和企业B根据消费者的购买决策，计算得到自己的市场需求和销售利润。最终，企业A和企业B将根据各自的利润进行价格博弈，得到研究问题的解。考虑到有限理性消费者的决策模型中具有随机性因素，因此相同参数设置下的智能体仿真必须重复多次，以平均值作为仿真结果（仿真重复次数为M）。

并且，由于计算机仿真只能对一组定价策略进行评价，无法搜索出博弈解。因此，必须穷举区间[lowBoundPrice, upBoundPrice] （步长priceStep）所有的价格组合下企业A和企业B的利润值。然后，根据仿真计算得到的收益矩阵，分析得到企业A和企业B的价格博弈解。

**2 多智能体模型的仿真分析**

在前期工作基础上，本文以Java语言为编程语言，在J2SE 1.6编译环境下开发实现研究问题的多智能体仿真模型。并且，设定模型中市场上消费者总数N=10,000，仿真重复次数M=120；有限理性消费者决策模型(2)中参数；顾客到来的负指数分布参数。

**2.1 多智能体模型的验证**

假定市场中所有消费者均为第1类消费者，即，如果不考虑消费者的有限理性，此情境下研究问题的最优解如(1)所示。因此，定义仿真模型中主要参数：(2)中参数，模拟消费者“较为”理性；企业A和企业B的价格区间[lowBoundPrice, upBoundPrice]均为[0.00,2.00]，步长priceStep为0.05。图3给出了企业双方价格的最优反应策略。

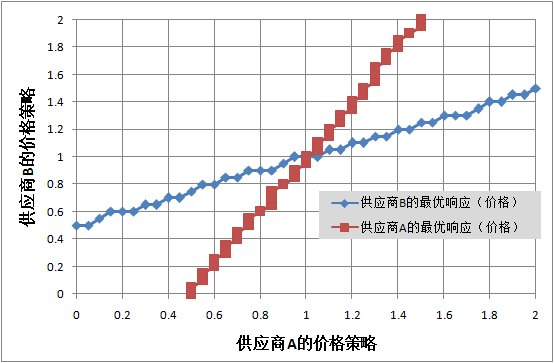


图3 第1类消费者市场环境下的企业A和企业B的最优响应

如图3所示，企业A和企业B博弈的均衡解为价格。并且，双方的利润和需求的平均值分别为。置信度（）区间分别为[5021.73 , 5030.17]和[4969.83 , 4978.27]，即半宽为4.22。由于仿真中设置的市场中消费者总数N=10,000，且，可以认为仿真计算得到的利润和需求与理论值一致。

**2.2 无标度网络的验证**

为了模拟消费者间无标度社会关系网络，本文采用复杂网络分析软件Pajek 3.14（http://pajek.imfm.si）生成了一个10,000节点的无标度无向网络。

表1 Pajek软件生成无标度无向网络中的参数设置

|  |  |
| --- | --- |
| **参数** | **设置值** |
| Number of Vertices（网络节点总数） | 10,000 |
| Number of Lines（网络中边总数） | 0（无限制） |
| Average Degree of Vertices（节点的平均度） | 20 |
| Number of Vertices in Initial Erdos-Renyi Network（初始E-R网络中节点总数） | 100 |
| Initial Probability of Lines（初始E-R网络中节点之间连线的概率） | 0.20 |
| Alpha（参数） | 0.25 |

为了检验所生成的无标度网络的正确性，将Pajek软件生成的无标度网络与相同节点数的随机网络（random network）进行网络特征值的对比。

表2 无标度网络与随机网络的网络特征对比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **网络** | **平均路径长度（Average Path Length）** | **平均聚类系数（Average Clustering Coefficient）** |
| 无标度网络 | 3.3538 | 0.0058 |
| 随机网络 | 3.0745 | 0.0020 |

从表2数据可以看出，算法生成的无标度网络的平均路径长度较短，且聚类系数很小（接近于随机网络），表明无标度网络不具有小世界网络的网络特性。同时，对无标度网络节点的度分布进行拟合，发现其服从的幂律分布，即确定其无标度特性。



图4 无标度网络中节点的度分布

结合两部分的分析，可以认为本文所建立的研究问题的多智能体仿真模型正确。

**2.3 无标度社会关系网络下的产品定价问题**

其它参数保持不变，定义仿真中企业A和企业B的价格区间均为[0.50,1.50]，步长为0.05。下面给出了当市场中两类消费者各占一半，即时，企业A和企业B博弈结果：

(5)

博弈结果表明：考虑消费者之间存在的社会关系网络，以及消费者间相互影响时，企业A和企业B的产品定价和利润与消费者不存在相互影响时的产品定价和利润（式(1)所示）有明显提高！此结果说明消费者之间的社会关系网络对研究问题有显著影响。

进一步分析单次仿真中每期到来顾客的特性（表3），可以发现：第1期和第2期到来的顾客中，单独决策时偏好购买企业A的产品的人数（=515）与偏好购买企业B的产品的人数（=493）大致相同。并且，第1期实际购买企业A产品的人数要明显少于购买企业B产品的人数，但是第2期购买企业A产品的人数要明显多于购买企业B产品的人数。这表明社会关系网络对用户的购买选择产生显著影响。

表3 每期到来顾客的统计信息

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 顾客到来 |  | |  | | 企业A的实际顾客 | 企业B的实际顾客 |
| 第1类消费者 | 第2类消费者 | 第1类消费者 | 第2类消费者 |
| 第1期 | 267 | 248 | 238 | 255 | 450 | 558 |
| 第2期 | 270 | 274 | 254 | 249 | 611 | 436 |
| 第3期 | 277 | 286 | 265 | 216 | 601 | 443 |
| 第4期 | 231 | 238 | 237 | 235 | 523 | 418 |
| 第5期 | 210 | 235 | 246 | 248 | 509 | 430 |
| 第6期 | 238 | 270 | 227 | 258 | 569 | 424 |
| 第7期 | 257 | 245 | 248 | 253 | 573 | 430 |
| 第8期 | 245 | 268 | 243 | 247 | 559 | 444 |
| 第9期 | 265 | 243 | 230 | 247 | 564 | 421 |
| 第10期 | 233 | 271 | 237 | 263 | 584 | 420 |
| 第11期 | 7 | 10 | 7 | 9 | 23 | 10 |

图5给出了第1期顾客与第2期到来的顾客，第2期顾客与第3期到来的顾客之间的关系（Pajek软件Kamada-Kawai算法绘制）。图中，红色节点表示前1期顾客中购买企业A产品的顾客，蓝色节点表示前1期顾客中购买企业B产品的顾客，绿色节点表示当前到来的顾客，连线表示前1期顾客与当前顾客之间的关系。

|  |  |
| --- | --- |
| 第1期与第2期顾客之间的关系示意 | 第2期与第3期顾客之间的关系示意 |

图5 前2期顾客之间的人际关系示意

**3 仿真模型的参数分析**

在上节中设置的参数基础上进行模型中主要参数的参数分析，即设定模型中市场上消费者总数N=10,000，仿真重复次数M=120；有限理性消费者决策模型(2)中参数；市场中第2类消费者的数量比率；小世界网络中顾客的平均度为20；顾客到来的负指数分布参数。

**3.1 市场中消费者类别的影响**

不同的代表了市场中消费者的决策偏好差异，值越大表示市场中有更多的消费者会受到其社会关系网络的影响。下表给出了不同值下企业A和企业B的博弈结果。

表4 不同值下Hotelling博弈结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 博弈均衡解 | | | | | |  | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.1 | 1.00 | 1.00 | 4984.89 | 5015.11 | 4984.89 | 5015.11 | 4984.89 | 5015.11 |
| 0.2 | 1.00 | 1.00 | 5061.72 | 4938.28 | 5061.72 | 4938.28 | 5061.72 | 4938.28 |
| 0.3 | 1.05 | 1.05 | 5023.73 | 4976.27 | 5274.92 | 5225.08 | 5023.47 | 4976.53 |
| 0.4 | 1.05 | 1.05 | 5003.86 | 4996.14 | 5254.05 | 5245.95 | 5003.53 | 4996.47 |
| 0.5 | 1.05 | 1.05 | 5063.77 | 4936.23 | 5316.95 | 5183.04 | 5064.72 | 4935.28 |
| 0.6 | 1.00 | 1.00 | 5008.50 | 4991.50 | 5008.50 | 4991.50 | 5008.50 | 4991.50 |
| 0.7 | 1.05 | 1.05 | 4977.96 | 5022.04 | 5226.86 | 5273.14 | 4977.71 | 5022.29 |
| 0.8 | 1.05 | 1.05 | 5021.87 | 4978.13 | 5272.97 | 5227.03 | 5024.70 | 4975.30 |
| 0.9 | 1.00 | 1.00 | 4927.24 | 5072.76 | 4927.24 | 5072.76 | 4927.24 | 5072.76 |
| 1.0 | 1.05 | 1.05 | 5068.13 | 4931.87 | 5321.54 | 5178.46 | 5069.14 | 4930.86 |

如表4所示，市场中不同类型消费者的数量变化对企业的需求影响不大，但是企业却可以将产品的价格提高而获利。这也表明，由于企业的对称性，以及消费者类型的随机性，无标度网络中消费者之间的相互影响被抵消掉，从整体上看不出来个体差异的影响。

**3.2 无标度网络中节点的平均度**

构建无标度网络时设置的节点平均度描述了用户在此社会关系网络中“朋友”的平均数量。当节点的平均度指标越大，表明网络更加紧密，节点距离更近。下面给出了网络中节点平均度变化下Hotelling博弈结果（）。

表5 不同节点平均度下的Hotelling博弈结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 平均度 | 博弈均衡解 | | | | | |  | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 1.05 | 1.05 | 4938.77 | 5061.23 | 5185.71 | 5314.29 | 4938.94 | 5061.06 |
| 20 | 1.05 | 1.05 | 5063.77 | 4936.23 | 5316.95 | 5183.04 | 5064.72 | 4935.28 |
| 30 | 1.05 | 1.05 | 5018.13 | 4981.87 | 5269.04 | 5230.96 | 5020.57 | 4979.43 |
| 40 | 1.00 | 1.00 | 4947.22 | 5052.78 | 4947.22 | 5052.78 | 4947.22 | 5052.78 |
| 50 | 1.00 | 1.00 | 5052.50 | 4947.50 | 5052.50 | 4947.50 | 5052.50 | 4947.50 |

从表上数据可以看到，类似表4所示消费者类型对问题的影响，无标度网络节点的平均度指标对企业的需求影响不大。

**3.3 每期顾客到来的平均数量**

描述顾客到来的泊松分布参数定义了每期顾客到来的平均数。在市场中消费者总数不变的前提下，不同的值间接地体现了市场销售期的长短。并且，当销售期越长，顾客之间的相互影响可能更加明显；而当销售期非常短的时候，顾客之间影响力就不明显。下面分别给出了不同值情景下的价格博弈结果。

表6 不同值下的Hotelling博弈结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 值 | 博弈均衡解 | | | | | |  | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 250 | 1.20 | 1.10 | 5823.27 | 4176.73 | 6987.92 | 4594.41 | 6206.77 | 3793.23 |
| 500 | 1.20 | 1.10 | 5790.43 | 4209.57 | 6948.52 | 4630.52 | 6173.94 | 3826.06 |
| 1,000 | 1.05 | 1.05 | 5063.77 | 4936.23 | 5316.95 | 5183.04 | 5064.72 | 4935.28 |
| 1,500 | 1.20 | 1.10 | 5655.37 | 4344.63 | 6716.76 | 4842.97 | 6052.19 | 3947.81 |
| 2,000 | 1.20 | 1.10 | 5597.30 | 4402.70 | 6716.76 | 4842.97 | 5997.11 | 4002.89 |
| 2,500 | 1.20 | 1.10 | 5536.27 | 4463.73 | 6643.53 | 4910.10 | 5950.46 | 4049.54 |

从表6数据可以看出，顾客到来的时间顺序对企业的定价策略产生显著影响。虽然企业的价格策略保持稳定，但是随着当每期消费者到来的数量越大，企业A将逐渐损失利益，而企业B则因此受益。这也表明在所研究的消费者网络中，倾向于企业B的消费者群体关系更加紧密，相互影响更加显著，因此随着时间的推移，企业B的顾客会逐渐增加，而企业B也因而受益。

**4 销售努力对产品定价问题的影响**

由于前期到来的消费者会通过关系网络对后续的消费者产生直接和间接影响，因此本文也分析当企业对最早到来的消费者产生影响（销售努力），而这种影响通过关系网络放大后的最终结果[13]。

鉴于基本Hotelling模型中企业A和企业B的对称性，本文仅以企业A为例，分析企业A对前2期到来的消费者产生影响，而这种影响下的企业双方的产品定价和利润变化。具体来说，销售努力对前2期消费者的影响参考[10]中的设置，即消费者i从企业A处购买产品，其购买总成本变化为：

(6)

而消费者i从企业B处购买产品其购买总成本不变，即。销售努力降低消费者从企业A购买产品的总成本，因此消费者会更倾向于从企业A处购买产品，即企业A的需求会增加。

下表给出了不同销售努力值的影响结果，并分别仿真了销售努力仅对第1期消费者，以及同时对前2期消费者产生影响的计算结果（）。同时，也计算了投资回报率[9]：

(7)

表7 不同值下的Hotelling博弈结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 值 | 仅影响第1期消费者 | | | | | 同时影响第1期和第2期消费者 | | | | |
|  |  |  |  | ROI |  |  |  |  | ROI |
| 0.00 | 1.05 | 1.05 | 5316.95 | 5183.04 | — | 1.05 | 1.05 | 5316.95 | 5183.04 | — |
| 0.05 | 1.20 | 1.10 | 6903.35 | 4671.93 | 31.73 | 1.20 | 1.10 | 6924.82 | 4652.25 | 16.08 |
| 0.10 | 1.20 | 1.10 | 6926.01 | 4651.16 | 16.09 | 1.20 | 1.10 | 6975.19 | 4606.07 | 8.29 |
| 0.15 | 1.20 | 1.10 | 6958.51 | 4621.37 | 10.94 | 1.20 | 1.10 | 7031.10 | 4554.82 | 5.71 |
| 0.20 | 1.20 | 1.05 | 6753.85 | 4590.38 | 7.18 | 1.20 | 1.10 | 7077.70 | 4512.11 | 4.40 |
| 0.25 | 1.20 | 1.10 | 7021.98 | 4563.18 | 6.82 | 1.20 | 1.05 | 6904.02 | 4458.98 | 3.17 |

如表7所示，企业A对市场施加销售努力时：

1）通过销售努力提高最先到达的第1期或者前2期消费者的决策偏好，都能够高效的提高市场需求和自身利润，投资回报率较高，即销售努力是有效的；

2）相比于销售努力的投资回报率而言，最小的销售努力，即，是最优的；

3）对比仅影响第1期消费者和同时影响第1期和第2期消费者的市场需求数据可以看出，虽然市场需求差别不大，但是从投资回报率来讲仅影响第1期消费者是最优的。

**5 结论**

本篇论文侧重分析市场中消费者之间的社会关系网络对其产品选择决策问题的影响，并引发的产品供应方的价格策略调整。具体来说，采用多智能体建模方法，建立消费者之间无标度社会关系网络，并以双寡头价格竞争的Hotelling模型为研究问题，仿真分析了无标度社会关系网络对供应方的影响。仿真结果表明无标度社会关系网络对供应方的产品定价有显著影响。并且，参数分析结果表明消费者类别和消费者到来的时间间隔同样对供应方定价有显著影响，而消费者之间关系紧密程度对供应方定价影响较小。最后，仿真结果指出销售努力施加在最早的一批消费者身上是投资回报最有效的。

**参考文献：**

[1]A. Java, X. Song, T. Finin, B. Tseng. Why We Twitter: Understanding Microblogging Usage and Communities [C]. In Proceedings of International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2007, 56-65.

[2]苑卫国, 刘云, 程军军. 微博网络中用户特征量和增长率分布的研究[J]. 计算机学报. 2014, 37(4): 767-778.

[3]Q. Yan, L. Wu, L. Zheng. Social network based microblog user behavior analysis [J]. Physica A. 2013, 392(7): 1712-1723.

[4]C. Kiss, M. Bichler. Identification of Influencers- Measuring Influence in Customer Networks [J]. Decision Support Systems. 2008, 46(1): 233-253.

[5]F. Li, T.C. Du. Listen to me- evaluating the influence of micro-blog [J]. Decision Support Systems. 2014, 62: 119-130.

[6]祝帅,郑小林,陈德人. 论坛中的意见领袖自动发现算法研究[J]. 系统工程理论与实践. 2011, 31(S2): 7-12.

[7]蔡淑琴,马玉涛,王瑞. 在线口碑传播的意见领袖识别方法研究 [J]. 中国管理科学. 2013, 21(2): 185-192.

[8]吴信东,李毅,李磊. 在线社交网络影响力分析 [J]. 计算机学报. 2014, 37(4): 735-752.

[9]V. Kumar, V. Bhaskaran, R. Mirchandani, M. Shah. Creating a measurable social media marketing strategy: increasing the value and ROI of intangibles and tangibles for Hokey Pokey [J]. Marketing Science. 2013, 32(2): 194-212.

[10]F. Li, Y. Wei. An Intelligent Agent Simulation Model to Evaluate Herd Behavior and Sales Effort in a Duopoly Market [C]. In Proceedings of 10th International Conference on Intelligent Computing. 2014, 456-465.

[11]金淳,董秋,吕苗. 基于Agent的网站促销下消费者行为仿真研究[J]. 系统工程理论与实践. 2014, 34(4): 845-853.

[12]Y. Wei, F. Li. Impact of Heterogeneous Consumers on Pricing Decisions under Dual-Channel Competition [J]. Mathematical Problems in Engineering. 2015. DOI: 10.1155/2015/584084.

[13]V. Kumar, V. Bhaskaran, R. Mirchandani, M. Shah. Creating a measurable social media marketing strategy: increasing the value and ROI of intangibles and tangibles for Hokey Pokey [J]. Marketing Science. 2013, 32(2): 194-212.

**Impact of ‘Scale-Free’ Relationship Network of Consumers on the Hotelling Model**

Feng Li 1, Ying Wei 2,\*

(1. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Department of Business Administration, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** This paper studies the impact of 'scale-free' social network of consumers on firms' competing pricing strategies in a Hotelling model, in which consumers' purchasing decisions are partially influenced by their friends'. Consumers are divided into two types: bounded rational and social preferred consumers. Using a multi-agent modeling methodology, competing firms' pricing strategies and profits are computed based on simulation. Parameter analysis are conducted for ratio of consumer types, as well as average degree of vertices of the scale-free network. In addition, impact of sales effort on consumers’ purchasing behavior as well as profits are analyzed. Results reveal that it is optimal for firms to exert sales efforts to the first in-coming consumers instead to those later arrivals, which has the best return on investment.

**Keywords:** Hotelling Model; Scale-Free Network; Sale Efforts; Consumer Behavior; Multi-agent Modeling and Simulation