

# 网络外部性下质量决策与零售商经营目标选择<sup>①</sup>

易余胤<sup>1</sup>, 杨海深<sup>2</sup>

(1. 暨南大学管理学院, 广州 510632; 2. 广东省社会科学院, 广州 510635)

**摘要:** 在网络外部性市场环境下, 为研究制造商质量决策和零售商经营目标策略选择之间的影响机理, 构建了制造商质量决策和单零售商群体的演化博弈模型, 分析了网络外部性和可变质量成本系数对零售商经营目标选择、制造商质量决策、以及节点企业利润的影响. 研究发现, 1) 当制造商只拥有部分市场决策权力时, 其质量决策将受到零售商的经营目标策略调整的影响, 而零售商经营目标的策略调整则取决于网络外部性大小. 当网络外部性较小时, 零售商的经营目标将演化稳定为利润最大化, 此时制造商将制定较低的产品质量水平; 当网络外部性处在中等水平时, 零售商的经营目标将演化稳定为利润最大化和收入最大化的混合目标策略, 此时制造商将制定中等产品质量水平; 当网络外部性较大时, 零售商的经营目标将演化稳定为收入最大化, 此时制造商将制定高产品质量水平. 2) 当网络外部性处在中等水平时, 其与可变质量成本对零售商经营目标的选择呈现出交叉影响效应, 随着可变质量成本的减小, 零售商经营目标策略将从利润最大化策略向混合策略, 或者混合策略向收入最大化策略演变. 3) 网络外部性对制造商产品质量的影响效果与可变质量成本和零售商经营目标选择有关, 网络外部性效应的增加并不总是使得产品的质量降低.

**关键词:** 网络外部性; 质量决策; 演化稳定策略; 收入最大化; 利润最大化

**中图分类号:** F224.32   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2019)12-0015-16

## 0 引言

主流经济学通常假设企业把利润最大化作为其经营目标策略, 但是在现实中, 企业为了抢占市场份额或者激励职业经理人, 也往往会把收入最大化作为其经营目标策略<sup>[1]</sup>. 世界大型企业联合会全球 658 位 CEO 进行调研发现, 如何实现可持续和稳定的营业收入增长, 被 37.5% 的人视为首要挑战, 而在中国范围内看, 这个比例上升到 53.8%<sup>[2]</sup>. 另一方面, 现有研究表明, 在竞争环境中企业采用利润最大化目标并不总是比采用收入最大化目标获得更多的利润<sup>[3,4]</sup>, 这是因为收入最大化目标要比利润最大化目标更为激进, 决策

时不考虑经营成本的大小, 而更多的是追求市场占有率. 那么, 企业应如何根据复杂动态的环境变化来调整其经营目标? 或在面对不同的管理情境时, 企业应如何选择其经营目标? 该话题引起了学术界的广泛关注.

本文将在信息与通信产品供应链情境下对上述话题展开研究. 对于信息与通信产品而言, 质量被认为是影响消费者购买的最重要因素<sup>[5]</sup>. 现有研究也表明高质量的产品能够影响市场需求, 提高市场占有率和收益. 因此越来越多的制造商开始重视产品的质量管理, 加大对质量的投资力度. 近些年, 随着信息通信技术和先进制造模式的广泛应用, 制造商可以更加便捷地实现对最

① 收稿日期: 2017-11-06; 修订日期: 2019-05-06.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71571086).

作者简介: 易余胤(1976—), 男, 江西于都人, 博士, 教授, 博士生导师. Email: yiyuyin2001@sina.com

终产品质量水平的控制。许多著名的软件公司,如 IBM、惠普、英特尔和戴尔等,均推出了“软件即服务”的应用模式,并根据客户需求灵活调整服务功能,实现了对软件质量的动态调整<sup>[6]</sup>。此外,对于模块化程度较高的硬件产品,制造商也可以根据客户要求来调整产品的功能模块,实现对产品质量的动态控制。如华为、苹果和三星根据通信运营商的要求生产定制手机。显然,在这种质量决策模式中,制造商只拥有部分市场决策权力,但这种决策模式给予了客户较宽泛的选择余地,也是客户讨价还价交易权力的象征。那么,在这种供应链管理情境下,当零售商对经营目标策略进行调整(其对所销售产品的质量要求也可能随之改变)时,制造商将如何根据零售商经营目标策略的调整来决策产品质量?反过来,制造商的这种质量决策模式又将对零售商的经营目标策略选择造成何种影响?这些均是亟待解决的有趣的学术问题。

大多信息与通信类产品均具有网络外部性特征,如手机、传真设备、计算机软硬件等。网络外部性是网络经济区别于传统经济理论的典型特征,本质上是网络规模增大过程中的一种需求方的规模经济。该概念最早正式由 Katz 和 Shapiro 于 1985 年提出,并将其定义为消费者的效用随着购买相同或兼容产品(服务)的总人数增加而提高<sup>[7]</sup>。从定义看,消费者的购买决策除了受商品本身价值的影响外,还会受到由商品的用户规模和网络外部性强度所构成的网络价值的影响。可见,网络外部性的存在提升了消费者对商品的支付意愿。因此,网络外部性能够通过影响消费者对产品市场规模预期来影响其购买决策,而零售商也不得不考虑由网络外部性所带来的市场需求变化的影响,并在此基础上调整其价格和订购量决策,以及利润实现的方式,即利润最大化或收入最大化。制造商同样也会观察到这种市场需求变化,并做出相应的产品质量决策,以引导零售商采取更有利于其利益的经营行为。因此,在网络外部性的情境下,制造商和零售商的决策将呈现出新的特点和规律,而研究网络外部性强度、零售商利润实现方式的选择和制造商质量决策三者之间的关

系机理,将是一个全新而重要的学术问题。

本文将采用演化博弈理论方法,在单个制造商和零售商群体的两级供应链系统下,探求网络外部性环境下制造商质量决策和零售商经营目标策略选择之间的互动博弈关系,以及网络外部性、可变质量成本系数对制造商质量决策和零售商演化稳定策略的影响。本文的主要理论贡献在于,揭示了在不同的网络外部性环境中,只拥有部分市场决策权的制造商将如何根据零售商经营目标策略的调整来决策产品质量的关系机理,探讨了可变质量成本系数和网络外部性对零售商经营目标选择的交叉影响效应,以及对产品均衡质量、制造商和零售商利润的不同影响效果,拓展和丰富了现有研究。

## 1 文献综述

与本文研究相关的文献主要涉及四个主题:网络外部性对市场策略的影响;不同权力结构下的供应链质量决策;非利润最大化经营目标下的企业竞争决策;利润最大化和收入最大化经营目标的策略选择。

网络外部性对市场策略的影响是本文首要关注的主题。Baake 和 Boom<sup>[8]</sup>的研究发现当纵向差异化产品具有网络外部性特征时,产品的质量差异缓和了制造商之间的价格竞争。Prasad 等<sup>[9]</sup>讨论了网络外部对产品纯绑定和混合绑定策略选择的影响,结果表明,当两种产品都具有较强的网络外部性时,纯绑定策略更具盈利能力;当只有一种产品具有较强的网络外部性时,混合绑定策略更有利可图。Hoernig<sup>[10]</sup>分析了网络外部性对企业所有者战略授权策略的影响,发现在强度较大的网络外部性的市场中,企业所有者会采用更为激进的契约来刺激经理人抢占市场份额。Chirco 和 Scrimatore<sup>[11]</sup>探讨了网络外部性对企业所有者授权管理下的价格策略和数量策略选择的影响,发现对于强度充分大的网络外部性市场中,价格策略是唯一的均衡策略。Etzion 和 Pang<sup>[12]</sup>研究了是否提供在线服务的策略选择问题,结果发现当所提供的服务具有网络外部性时,该策略选择依赖

于竞争对手的决策和服务质量. Pal<sup>[13]</sup> 基于相对绩效目标下研究了正向网络外部性对价格策略和数量策略选择的影响,发现在正向网络外部性影响下有两个纯策略 Nash 均衡(数量策略,价格策略)、(价格策略,数量策略)和这两个纯策略的混合策略均衡. Liu 等<sup>[14]</sup> 研究了网络外部性对信息产品的销售渠道策略和版本策略选择的影响,发现当市场上存在网络外部性时,多版本策略比单版本策略更有利于供应商,高质量版本最优的销售渠道是直销渠道,低质量版本的最优销售渠道是零售渠道. Masaki<sup>[15]</sup> 分别研究了线性和非线性网络外部性对伯川德价格竞争策略的影响. Dongjoon 和 Kangsik<sup>[16]</sup> 研究和对比了网络外部性对纵向一体化和纵向分散化的竞争效率的影响. 李永立等<sup>[17]</sup> 引入网络外部性的消费者效用函数,在完全竞争和完全垄断市场结构下,研究了没有先行消费者和具有先行消费者下的最优价格水平、最优消费量和生产商的最优收入水平. 刘志勇和叶飞<sup>[18]</sup> 则研究了网络外部性对网络游戏免费和付费模式选择的影响. 与本文相近的研究是易余胤等<sup>[19]</sup> 的成果,他们在网络外部性环境下,构建了不对称双竞争零售商群体行为的演化博弈模型,分析了市场规模、网络外部性和产品的替代性对零售商演化稳定策略(利润最大化和收入最大化)的影响. 总之,从以上研究看,网络外部性的确对供应链节点企业决策产生重要影响,但以上研究均是在垄断企业或者双寡头企业竞争的情景下,而不是基于供应链的框架开展的. 因此,本文将考虑供应链中制造商和竞争零售商之间的博弈关系,研究网络外部性对制造商质量决策和零售商经营目标策略选择的影响机理,并分析网络外部性与可变质量成本系数所产生的交叉影响效应.

供应链质量决策是与本文研究相关的另一主题. Gurnani 等<sup>[20]</sup> 采用受产品价格、质量和促销努力的线性需求函数,研究了在三种不同的决策结构下供应链节点企业的最优质量决策和竞争合作问题. Ouadighi 和 Kim<sup>[21]</sup> 建立了由单一供应商与两个存在质量和价格竞争的制造商组成的非合作动态博弈模型. 在分散化决策结构下,给出了节点

企业最优的质量改进努力水平. Xie 等<sup>[22]</sup> 考虑了按订单生产和需求不确定的二级供应链的产品质量投入和价格决策问题,在纵向一体化、制造商占主导和零售商占主导的三种结构下,以及参与人存在风险厌恶的情况下,分析了供应链结构和风险厌恶行为对产品质量投入和定价的影响问题. Ma 等<sup>[23]</sup> 考虑了需求受零售商销售努力和制造商质量投入努力的二级供应链模型,在不同的权力结构下,探讨了节点企业的最优决策水平,以及对两类努力成本系数做了敏感性分析. Pal 等<sup>[24]</sup> 同样考虑了需求依赖于制造商产品质量和零售商销售努力的两级供应链模型. 在集中化决策结构、(有条件的)制造商占主导的决策结构、(有条件的)零售商占主导的决策结构和 Nash 决策结构下,探讨了供应链运营决策与绩效问题. Chen 等<sup>[25]</sup> 在零售渠道和直销渠道组成的双渠道结构下研究了产品价格和质量决策问题,他们发现新渠道的引入可以改善产品质量和供应链绩效. Seung 和 Taesu<sup>[26]</sup> 在买方驱动的供应链中研究了几种产品质量改善的激励机制,以及这些激励机制对供应链绩效的影响. 温小琴和胡奇英<sup>[27]</sup> 研究了消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力对供应链中产品的质量决策的影响,他们发现随着消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的增强,供应链倾向于选择越高的产品质量和数量,且双边化效应将逐渐弱化甚至消失. 以上文献主要关注以(期望)利润最大化为决策目标的质量决策问题,并将质量决策与价格决策、数量决策和促销努力决策等结合起来,研究他们之间的决策关联性和依赖性. 但是,上述文献没有在零售商经营目标发生变化且制造商只拥有部分市场决策权的情况下考虑产品的质量决策问题.

非利润最大化经营目标下的企业竞争决策是与本文研究相关的主题之一. Vickers<sup>[28]</sup> 指出如果企业追求利润与销售额的加权和最大化,那么其可能在市场竞争中获得更多的收益. Fershtman 和 Judd<sup>[29]</sup> 得出了类似的结论,他在研究企业对利润目标策略的内生选择时指出,相对于绝对利润目标策略,利润与销售额的加权和目标策略可能是

严格占优战略. Katz<sup>[30]</sup>的研究表明,与单纯追求利润最大化相比,如果企业追求收入和利润的加权和最大化,那么企业将获得更多的收益. Barros<sup>[31]</sup>发现无论是私营企业还是国有企业,利润和收入加权和最大化目标比单纯利润最大化目标更能有效激励经理人. Donder 和 Roemer<sup>[32]</sup>在一个垂直差异化的市场中研究了当消费者可能也关心产品的平均质量时,两类企业(一类最大化利润,另一类最大化收入)应如何同时决策产品的价格和质量的问題. Yang 等<sup>[1]</sup>把零售商经营目标设定为利润和收入的加权和最大化,来研究零售商价格竞争均衡问题. Matsumura 等<sup>[33]</sup>将相对利润(追求本企业利润以及与竞争对手利润差的加权和最大化)引入企业的目标函数中,研究了竞争激烈程度与企业合作之间的关系. 随后 Matsumura 等<sup>[34]</sup>又进一步研究了企业追求相对利润与企业研发投资之间的关系. Espinosa 等<sup>[35]</sup>同样研究了机构在考虑相对利润情形下的最佳投资问题. El-sadany<sup>[36]</sup>则基于相对利润最大化研究了有限理性双寡头的产量竞争问题. 从以上研究中可以看出,非利润最大化经营目标下的企业竞争决策呈现出新的特点. 企业采用这些目标的目的在于激励企业经理人获取更大的市场份额,提高市场竞争优势. 本文所考虑的收入最大化也是一种非利润最大化经营目标策略,但本文所关注的不仅仅是在既定经营目标下应如何制定竞争策略,更关注企业应如何选择其经营目标策略以获得更大利润,这一研究问题在过去的研究中较少涉及.

利润最大化和收入最大化作为一种利润实现的方式,其策略选择对企业经营无疑是一个重要的问题,这也是与本文相关的另一重要主题. Schaffer<sup>[37]</sup>发现当企业拥有一定的市场能力时,利润最大化策略不一定是企业的最优生存策略. Bester 和 Güth<sup>[38]</sup>研究利他行为的演化稳定性时发现,利润最大化可能不是一个演化稳定策略. Güth 和 Peleg<sup>[39]</sup>运用间接演化博弈方法研究了收入最大化策略何时会演化稳定的问题. Xiao 和 Yu<sup>[3]</sup>探讨了当制造商提供差异化产品时零售商的策略(收入最大化和利润最大化)选择,发现零售商的演化稳定策略取决于产品的类型、相对单

位成本和市场规模等条件. Xiao 和 Yu<sup>[4]</sup>研究了双寡头垄断的同质产品市场上,当需求和原材料供应发生突变时,零售商的两种策略(收入最大化和利润最大化)的演化稳定性. Yang 等<sup>[40]</sup>研究了旅游供应链中的节点企业的收入最大化和利润最大化策略选择问题,分析发现选择收入最大化策略的企业获得了更高的市场份额和利润,同时作为供应链上游的主题公园也鼓励酒店和旅行社选择收入最大化策略. Xiao 和 Chen<sup>[41]</sup>构建了单群体演化博弈模型,在目标不完全观测的情况下研究批发价对零售商经营目标策略的演化稳定性的影响. 研究发现,在批发价较高(低)的情况下,利润(收入)最大化行为是演化稳定策略. Opper 等<sup>[42]</sup>发现中国上市国有企业 CEO 离职率与核心业务的销售收入业绩,而不是利润,呈负相关关系. 并且,相比较利润而言,国有股东在对 CEO 监管中更重视销售收入的增长. Yi 和 Yang<sup>[43]</sup>在网络外部性环境下研究了制造商批发价决策和零售商经营目标(利润最大化和收入最大化)选择之间的关系机理. 以上研究在不同的管理情境下探讨了利润最大化和收入最大化经营目标策略的选择问题,但大多基于垄断或者寡头竞争的市场条件,虽然文献 Xiao 和 Chen<sup>[41]</sup>考虑了企业上下游和横向的博弈关系,然而他们却忽略了网络经济时代最重要的特征——网络外部性的影响作用. 而 Yi 和 Yang<sup>[43]</sup>忽略了产品的质量决策及其与零售商经营目标选择之间的关系.

综上,本文对现有文献的贡献在于:1)将网络外部性因素引入到供应链管理中,在供应链结构下分析了网络外部性对产品质量决策和节点企业利润的影响;2)在制造商仅拥有部分市场决策权下,探讨了质量决策和零售商经营目标选择之间的影响关系机理,以及这种关系机理所依赖的网络外部性和质量成本系数条件.

## 2 模型描述

考虑一条由单一制造商和零售商群体(包含大量的、充分多的零售商个体)组成的两级供应链系统. 假设整个消费者市场可以划分成若干个

相同的、独立的(地理位置不同的)小市场,制造商垄断了整个市场的产品生产,而两两随机配对的零售商在特定的小市场上进行双寡头古诺博弈. 这种假设在演化博弈模型中较为常见<sup>[41,43]</sup>. 此外,假设制造商设定固定的批发价<sup>②</sup>,以避免零售商的 market 行为产生不确定性<sup>[44]</sup>. 此时,制造商决策产品质量,然后以相同的批发价向两个零售商提供产品. 每个零售商均有两种经营目标策略可供选择——追求利润最大化(简称为  $P$  策略)或者收入最大化(简称为  $R$  策略),并通过决策订购量满足市场需求来实现该目标.

本文所使用的符号如下:

$P$ —零售商把利润最大化策略作为经营目标;

$R$ —零售商把收入最大化策略作为经营目标;

$y$ —制造商决策的产品质量水平,包括产品设计质量和一致性质量水平;

$w$ —制造商的单位批发价,为定值;

$p$ —特定的小市场上零售商的单位零售价;

$q_i$ —特定的小市场上零售商  $i$  的市场销量( $i = 1, 2$ );

$q_i^e$ —特定的小市场上消费者对产品  $i$  的销量预期( $i = 1, 2$ );

$\mu$ —产品网络外部性强度系数,反映网络外部性强度大小;

$\gamma$ —产品质量水平的敏感系数,反映产品质量水平对零售价格的影响程度;

$s$ —零售商群体中采用利润最大化策略的比例( $0 \leq s \leq 1$ );

$k$ —制造商的可变质量成本系数( $k \geq 0$ );

$\pi$ —零售商保留利润,反映零售商的议价能力;

$\pi_i$ —特定的小市场上零售商  $i$  的利润函数( $i = 1, 2$ );

$R_i$ —特定的小市场上零售商  $i$  的收入函数( $i = 1, 2$ );

$\pi_m$ —制造商的利润函数;

$\bar{y}(s^*)$ —演化均衡质量水平,表示演化均衡状态为  $s^*$  时的产品质量水平;

$\bar{q}(s^*)$ —演化均衡销量,表示演化均衡状态为  $s^*$  时的产品销量;

$\bar{\pi}_r(s^*)$ —零售商演化均衡利润,表示演化均衡状态为  $s^*$  时的零售商利润;

$\bar{\pi}_m(s^*)$ —制造商演化均衡利润,表示演化均衡状态为  $s^*$  时的制造商利润.

参考 Katz 和 Shapiro<sup>[7]</sup>、Hoernig<sup>[10]</sup> 和 Gurnani 等<sup>[20]</sup> 的研究,在特定的小市场上,零售商的逆需求函数为

$$p = 1 - q_1 - q_2 + \mu(q_1^e + q_2^e) + \gamma y \quad (1)$$

其中  $\mu(q_1^e + q_2^e)$  表示网络外部性影响函数,即当消费者对产品销量预期为  $q_1^e + q_2^e$  时,由于网络外部性的存在所增加的使用该产品的效用,也表示消费者对该预期销量的单位支付意愿,它使消费者可以接受的零售价格增加. 其中  $\mu$  为网络外部性强度系数,假定消费者的预期销量对价格的影响程度小于实际销量对价格的影响程度,则  $\mu \in (0, 1)$ .  $\gamma y$  表示消费者对产品质量的支付意愿,同样能够使消费者接受的零售价格增加,其中  $\gamma$  为产品质量水平的敏感系数,反映产品质量水平对零售价格的影响程度,显然它也小于实际销量对价格的影响程度,因此  $\gamma \in (0, 1)$ . 上述需求函数描述了这样一个事实:如果消费者相信产品的高销量和产品质量增加了他们的效用,那么,在每个给定的价格下,他们需要更多这样的产品.

参考 Banker 等<sup>[45]</sup> 的研究,制造商的质量成本函数为  $c(y) = ky(q_1 + q_2) + \frac{1}{2}y^2$ , 该成本函数

② 本文假设制造商设定固定的批发价,主要基于两个方面的考虑:一是与本文对供应链系统和消费者市场的假设有关. 本文假设在相同、独立的小市场上,供应链由一个制造商和两个零售商组成. 在现实中,制造商为避免渠道冲突和零售商的 market 行为产生不确定性,存在以固定批发价向两个零售商供应同一产品的情形. 此外,也有很多文献做出这样的假设,如 Kopalle 等<sup>[44]</sup>. 二是简化模型、解决主要问题的需要. 若假设制造商以不同的批发价供应给零售商,一方面会显著增加模型的复杂度和求解难度,另一方面也会偏离本文想要讨论的主要问题. 因此,为了凸显零售商策略选择与制造商质量决策之间的关系,解决模型中的主要矛盾和问题,有必要将批发价固定. 特别是,经算例分析发现,即使考虑不同的批发价,本文重点关注的问题(网络外部性对制造商质量决策和零售商演化稳定策略的影响,以及其与可变质量成本系数的交叉影响效应)和研究结论也不产生实质性的改变. 因此,在本文中,制造商设定固定的批发价这一假设是适当的.

既包括了质量可变投入成本  $ky(q_1 + q_2)$  , 也包括了质量固定投入成本  $\frac{1}{2}y^2$  . 这些质量成本的产生是因为制造商要在产品的可靠性、运行高速度和精确度、灵活性, 以及售后服务质量等方面进行投入. 为了便于分析质量决策的影响效果, 本文不考虑制造商除质量成本以外的生产成本, 即假设制造商的其他生产成本为零. 考虑到群体中的零售商是对称和相同的, 也不妨假设其单位营销成本为零.

因此, 在特定的小市场上, 制造商的利润函数为

$$\pi_m(y) = (w - ky)(q_1 + q_2) - \frac{y^2}{2} \quad (2)$$

零售商  $i(i = 1, 2)$  的利润函数和收入函数分别为

$$\pi_{r_i}(q_1, q_2) = [1 - q_1 - q_2 + \mu(q_1^e + q_2^e) + \gamma y - w]q_i \quad (3)$$

$$R_i(q_1, q_2) = [1 - q_1 - q_2 + \mu(q_1^e + q_2^e) + \gamma y]q_i \quad (4)$$

在该博弈中, 制造商根据零售商的决策进行产品质量决策, 这反映了零售商具备了一定的讨价还价的交易权力, 掌握着一定的市场主导权. 因此, 博弈顺序为:

1) 群体中的零售商个体选取经营目标策略, 即  $P$  或者  $R$  策略, 并且策略选择结果会随时间, 依据群体收益平均值而发生变化; 2) 制造商决策产品质量水平; 3) 零售商决策最优的订购量来实现经营目标.

上述博弈可用逆向归纳法求解, 首先由第 3 阶段得出不同经营目标下零售商的均衡订货量, 其次制造商决策产品质量水平, 最后找出零售商群体的演化稳定策略.

### 3 双寡头零售商的单次博弈分析

在特定的小市场上, 若随机配对的零售商 1 和零售商 2 都选择  $P$  策略, 根据式(3)可以求得  $PP$  策略组合下零售商的均衡销量应满足如下二阶条件

$$\begin{cases} 1 - w - 2q_1 - q_2 + \mu(q_1^e + q_2^e) + \gamma y = 0 \\ 1 - w - q_1 - 2q_2 + \mu(q_1^e + q_2^e) + \gamma y = 0 \end{cases}$$

参照 Katz 和 Shapiro<sup>[7]</sup> 关于实现预期均衡的分析,

在实现预期均衡时, 两种产品的预期市场规模与均衡市场规模相等, 即  $q_i^e = q_i^*$  ( $i = 1, 2$ ), 由此可求出实现预期均衡时的零售商 1 和零售商 2 的均衡销量为

$$q_1^*(y) = q_2^*(y) = \frac{1 - w + \gamma y}{3 - 2\mu} \quad (5)$$

将式(5)代入制造商利润函数式(2), 并关于质量水平  $y$  求一阶条件, 化简得到

$$y^{PP} = \frac{2[w\gamma - k(1 - w)]}{4k\gamma + 3 - 2\mu} \quad (6)$$

从而, 零售商 1 和零售商 2 的均衡销量和利润分别为

$$q_1^{PP} = q_2^{PP} = \frac{3 - 2\mu + 2k\gamma - w(3 + 2k\gamma - 2\gamma^2 - 2\mu)}{(3 + 4k\gamma - 2\mu)(3 - 2\mu)},$$

$$\pi_{r_1}^{PP} = \pi_{r_2}^{PP} = [q_1^{PP}]^2 = [q_2^{PP}]^2 \triangleq \pi_r^{PP}.$$

在特定的小市场上, 若随机配对的零售商 1 选择  $P$  策略, 零售商 2 选择  $R$  策略, 与  $PP$  策略组合的求解思路一致, 可求出均衡的产品质量水平和销量, 以及零售商利润为

$$y^{PR} = \frac{2w\gamma - k(2 - w)}{3 + 4k\gamma - 2\mu},$$

$$q_1^{PR} = \frac{3 - 2\mu + 2k\gamma - w[(2 - \mu)(3 - 2\mu) - 2\gamma^2 + k\gamma(7 - 4\mu)]}{(3 - 2\mu)(3 + 4k\gamma - 2\mu)}$$

$$q_2^{PR} = \frac{3 + 2k\gamma - 2\mu + w[2\gamma^2 + (1 - \mu)(3 - 2\mu) + k\gamma(5 - 4\mu)]}{(3 - 2\mu)(3 + 4k\gamma - 2\mu)}$$

$$\pi_{r_1}^{PR} = [q_1^{PR}]^2 \triangleq \pi_r^{PR}$$

$$\pi_{r_2}^{PR} = q_1^{PR} q_2^{PR} \triangleq \pi_r^{PR}$$

若随机配对的零售商 1 选择  $R$  策略, 零售商 2 选择  $P$  策略, 与  $PP$  策略组合的求解思路一致, 可求出均衡的产品质量水平和销量, 以及零售商利润为

$$y^{RP} = \frac{2w\gamma - k(2 - w)}{3 + 4k\gamma - 2\mu},$$

$$q_1^{RP} = q_2^{RP} =$$

$$\frac{3 + 2k\gamma - 2\mu + w[2\gamma^2 + (1 - \mu)(3 - 2\mu) + k\gamma(5 - 4\mu)]}{(3 - 2\mu)(3 + 4k\gamma - 2\mu)},$$

$$q_2^{RP} = q_1^{RP} =$$

$$\frac{3 - 2\mu + 2k\gamma - w[(2 - \mu)(3 - 2\mu) - 2\gamma^2 + k\gamma(7 - 4\mu)]}{(3 - 2\mu)(3 + 4k\gamma - 2\mu)}$$

$$\pi_{r_1}^{RP} = q_1^{RP} q_2^{RP} = \pi_r^{RP},$$

$$\pi_{r_2}^{RP} = [q_2^{RP}]^2 = \pi_r^{RP}.$$

若随机配对的零售商 1 和零售商 2 均选择  $R$  策略, 与  $PP$  策略组合的求解思路一致, 可求出均

衡的产品质量水平和销量,以及零售商利润为

$$y^{RR} = \frac{2(w\gamma - k)}{3 + 4k\gamma - 2\mu},$$

$$q_1^{RR} = q_2^{RR} = \frac{3 - 2\mu + 2\gamma(w\gamma + k)}{(3 + 4k\gamma - 2\mu)(3 - 2\mu)},$$

$$\pi_{r_1}^{RR} = \pi_{r_2}^{RR} = \frac{3 - 2\mu + 2k\gamma + w[2\gamma^2 - (3 - 2\mu)^2 - 4k\gamma(3 - 2\mu)]}{(3 - 2\mu)^2(3 + 4k\gamma - 2\mu)} \times$$

$$q_1^{RR} \triangleq \pi_r^{RR}$$

为了保证上述  $PP$ 、 $PR$ 、 $RP$  和  $RR$  四种策略组合下均衡质量和均衡销量均为非负值,制造商和零售商决策需要限定在由供应链系统参数所构成的决策环境和条件 DEC

$\left\{ (\gamma, \mu, w, k) \mid 0 < k \leq \min \left\{ w\gamma, \frac{3 - 2\mu - w[2\gamma^2 - (2 - \mu)(3 - 2\mu)]}{\gamma[w(7 - 4\mu) - 2]} \right\} \right\}$  内. 本文接下来的模型分析和讨论也均限定在 DEC 条件下,从而保证本文的结论在经济学上有意义.

因此,由上述  $PP$ 、 $PR$ 、 $RP$  和  $RR$  四种策略组合下零售商利润,可构造零售商 1 和零售商 2 的博弈支付矩阵,如表 1 所示.

表 1 零售商 1 和零售商 2 的博弈支付矩阵  
Table 1 Payoff matrix of retailer 1 and retailer 2

零售商 1	零售商 2	
	P 策略	R 策略
P 策略	$\pi_r^{PP}, \pi_r^{PP}$	$\pi_r^{PR}, \pi_r^{RP}$
R 策略	$\pi_r^{RP}, \pi_r^{PR}$	$\pi_r^{RR}, \pi_r^{RR}$

从以上的求解过程中可以看出,在决策环境和条件 DEC 下,四种策略组合下的产品质量水平、均衡销量和零售商利润均是网络外部性强度  $\mu$  的增函数. 此外,还发现均衡销量有以下关系:  $q_1^{PP} < q_2^{RP}$  和  $q_1^{PR} < q_1^{RR}$ , 这说明采用  $R$  类型的零售商要比采用  $P$  类型的零售商所出售的商品量更高.

对比不同策略下零售商利润(见表 1),可得到如下命题 1:

**命题 1** 在决策环境和条件 DEC 下,由零售商的博弈支付矩阵可得:

(1) 当零售商 2 选择  $P$  策略时,零售商 1 选择策略  $P$  和策略  $R$  的临界点为  $w_1 = \frac{(3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{A}$ , 其中  $A = k^2\gamma^2(39 - 48\mu + 16\mu^2) +$

$k\gamma[(3 - 2\mu)(21 - 24\mu + 8\mu^2) - 4\gamma^2] + (3 - 2\mu)[(3 - 2\mu)(3 - 3\mu + \mu^2) - 2\gamma^2]$ . 若  $w < w_1$ , 则  $\pi_r^{PP} < \pi_r^{RP}$ ; 若  $w > w_1$ , 则  $\pi_r^{PP} > \pi_r^{RP}$ .

当零售商 2 选择  $R$  策略时,零售商 1 选择策略  $P$  和策略  $R$  的临界点为  $w_2 = \frac{(3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{B}$ , 其中  $B = k^2\gamma^2(7 - 4\mu)^2 + 2k\gamma[(2 - \mu)(3 - 2\mu)(7 - 4\mu) - 2\gamma^2] + (3 - 2\mu)[(2 - \mu)^2(3 - 2\mu) - 2\gamma^2]$ . 若  $w < w_2$ , 则  $\pi_r^{PR} < \pi_r^{RR}$ ; 若  $w > w_2$ , 则  $\pi_r^{PR} > \pi_r^{RR}$ .

**证明** (1) 当零售商 2 选择策略  $P$  时,零售商 1 选择策略  $P$  和策略  $R$  的利润分别为  $\pi_r^{PP}$  和  $\pi_r^{RP}$ , 对二者进行做差, 有  $\pi_r^{PP} - \pi_r^{RP} = w \times \frac{wA - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{(3 - 2\mu)^2(3 + 4k\gamma - 2\mu)^2}$ , 令其为零,可以得到临界点  $w_1$ . 显然在决策环境和条件 DEC 下,  $w_1 > 0$ . 因此,当批发价  $w < w_1$  时,  $\pi_r^{PP} < \pi_r^{RP}$ , 即零售商 1 选择  $R$  策略; 当批发价  $w > w_1$  时,  $\pi_r^{PP} > \pi_r^{RP}$ , 即零售商 1 选择  $P$  策略.

同理可证(2), 并且由  $B > A$ , 易知  $w_2 < w_1 < w_0$ . 证毕.

由于表 1 是对称的,命题 1 的结论同样适用于零售商 2,因此下文不再区分零售商 1 和零售商 2,统称为零售商. 命题 1 表明,在单次博弈中,当一方零售商选定经营目标策略时,另一方零售商的最优经营目标策略选择依赖于批发价的临界值:当批发价  $w$  大于临界值时,另一方零售商选择策略  $P$  比策略  $R$  能获得更多的利润;当批发价  $w$  小于临界值时,另一方零售商选择策略  $R$  比策略  $P$  能获得更多的利润. 同时由  $\frac{\partial w_1}{\partial \mu} > 0$  和  $\frac{\partial w_2}{\partial \mu} > 0$ , 可知随着网络外部性强度  $\mu$  的增大,临界值  $w_1$  和  $w_2$  均在增大,这说明网络外部性通过影响批发价临界值的大小,来进而影响零售商经营目标策略的选择.

#### 4 零售商经营目标的演化稳定策略

假设零售商群体中选择  $P$  策略的比例为  $s$ , 选择  $R$  策略的比例为  $1 - s$ . 根据复制者动态方程,零售商选择策略  $P$  的数量的增长率  $\frac{\dot{s}}{s}$  应等于其适应度  $e \cdot A \cdot (s, 1 - s)^T$  减去其平均适应度

$(s, 1 - s) \cdot A \cdot (s, 1 - s)^T$ , 其中  $e = (1, 0)$ , 表示零售商以 1 的概率选取  $P$  策略;  $A$  表示零售商的支付矩阵  $\begin{bmatrix} \pi_r^{PP} & \pi_r^{PR} \\ \pi_r^{RP} & \pi_r^{RR} \end{bmatrix}$ , 故零售商群体的复制者动态方程为

$$\dot{s} = s(e - (s, 1 - s)) \cdot A \cdot (s, 1 - s)^T \triangleq F(s)$$

上式表示零售商会模仿成功者的行为去获得更高的收益. 若零售商选择  $P$  策略获得的收益高于群体平均收益, 则选择  $P$  策略的零售商的比例增加, 反之则减少.

将零售商的支付矩阵  $A$  代入上式复制者动态方程, 并整理得到复制者动态方程为

$$\dot{s} = F(s) = \frac{s(1-s)w[wB - (3+2k\gamma - 2\mu)^2 - sw(B-A)]}{(3 - 2\mu)^2 (3 + 4k\gamma - 2\mu)^2}$$

接下来, 利用对称演化博弈中的基本概念——演化稳定策略<sup>[40]</sup>来研究零售商经营目标策略的演化稳定性.

**命题 2** 在决策环境和条件 DEC 下, 有:

- (1) 若  $w > w_1$ ,  $s^* = 1$  (即  $P$  策略) 是演化稳定策略;
- (2) 若  $w < w_2$ ,  $s^* = 0$  (即  $R$  策略) 是演化稳定策略;
- (3) 若  $w_2 \leq w \leq w_1$ , 中间策略  $(s^*, 1 - s^*)$  是演化稳定策略, 其中

$$s^* = \frac{wB - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{w(B - A)} \triangleq s_{Mix}$$

**证明** 令复制者动态方程  $\dot{s} = 0$ , 则可知  $s^* = 1, s^* = 0$  和  $s^* = s_{Mix}$  是可能的动态系统均衡点.

由命题 1 可知, 当  $w \geq w_1$  时,  $PP$  策略组合是唯一严格的 Nash 均衡, 即  $s^* = 1$  是 Nash 均衡. 根据 Weibull<sup>[46]</sup>, 博弈的一个严格纳什均衡就是一个演化稳定策略. 因此可知  $s^* = 1$  是演化稳定策略.

$$\bar{\pi}_m(s^*) = \frac{2\{k^2(1 - s^*w)^2 + 2kw(1 - s^*w)\gamma + w[3 - 2\mu + w\gamma^2 - s^*w(3 - 2\mu)]\}}{(3 + 4k\gamma - 2\mu)(3 - 2\mu)},$$

$$\bar{\pi}_r(s^*) = \frac{(3 + 2k\gamma + 2w\gamma^2 - 2\mu + s^*w(-3 - 2k\gamma + 2\mu))}{(3 - 2\mu)^2 (3 + 4k\gamma - 2\mu)^2} \times$$

$$\{3 - 2\mu + 2k\gamma - w[(3 - 2\mu)^2 - 2\gamma^2 + 4k\gamma(3 - 2\mu)] + 2s^*[(1 - \mu)(3 - 2\mu) + k\gamma(5 - 4\mu)]\}$$

其中  $s^*$  表示演化均衡状态, 由命题 2 的条件决定.

同理可证, 当  $w \leq w_2$  时,  $s^* = 0$  是演化稳定策略.

$$\text{当 } w_2 < w < w_1 \text{ 时, } s_{Mix} = \frac{wB - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{w(B - A)} > \frac{w_2B - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{w(B - A)} = 0 \text{ 和 } s_{Mix} - 1 = \frac{wA - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{w(B - A)} < \frac{w_1A - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2}{w(B - A)} = 0, \text{ 因此 } s^* = s_{Mix} \in (0, 1). \text{ 又因为 } F'(s_{Mix}) = - \frac{[Aw - (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2][(3 + 2k\gamma - 2\mu)^2 - Bw]}{(B - A)(3 - 2\mu)^2(3 + 4k\gamma - 2\mu)^2} < 0,$$

因此, 根据微分方程的稳定性定理, 可知中间策略  $(s^*, 1 - s^*)$  是演化稳定策略. 证毕.

命题 2 说明, 当批发价较高时, 利润最大化策略将覆盖零售商群体; 当批发价较低时, 收入最大化策略将在零售商群体中盛行. 在适当的批发价下, 收入最大化和利润最大化策略将同时存在于零售商群体中. 这主要是因为, 当批发价格较高时, 成本对于零售商的经营决策来说相当重要, 零售商为了确保生存, 会更加注重产品的单位获利. 因此, 利润最大化行为比收入最大化行为能够让零售商获得更高的利润和市场适应度. 当批发价格降低到一定程度时, 零售商的行为将产生分化, 部分零售商追求利润最大化, 部分零售商追求收入最大化. 此时, 对零售商来说, 利润最大化和收入最大化行为无差异. 当批发价格足够低时, 成本对零售商的经营决策影响变弱, 此时零售商追求收入最大化将获得更高的市场适应度.

另外, 尤其值得说明的是, 命题 2 的条件可以转换为网络外部性的条件, 但是由于其表达式较为复杂, 因此在第 5 节算例中分析网络外部性强度对零售商经营目标演化稳定策略的影响.

根据命题 2, 可求得在不同批发价条件下的制造商和零售商的演化均衡利润, 即  $\bar{\pi}_m(s^*)$  和  $\bar{\pi}_r(s^*)$ , 分别为

**命题 3** 如果存在中间策略  $s^* = s_{Mix}$ , 即在

$w_2 < w < w_1$  条件下,有

(1) 中间策略  $s_{Mix}$  随着批发价  $w$  的增大而增大,

即  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial w} > 0$ ;

(2) 中间策略  $s_{Mix}$  随着网络外部性强度  $\mu$  的增大而减小,即  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial \mu} < 0$ ;

**证明** (1) 因为  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial w} = \frac{(3+2k\gamma-2\mu)^2}{w^2(B-A)} > 0$ ,

即证.

(2)  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial \mu} = -\frac{W-wU}{w(B-A)^2}$ . 用  $A', B'$  分别表示  $A, B$  关于  $\mu$  的导数,则

$W = (3+2k\gamma-2\mu)^2(A'-B') + (12+8k\gamma-8\mu)(A-B)$   
 $= [4k^2\gamma^2 + (3+2k\gamma-2\mu)^2](3+2k\gamma-2\mu)^2$ ,  
 $U = B(A'-B') + (B-A)B'$ . 显然,  $W > 0, A' - B' > 0$  和  $B' < 0$ , 然而  $U$  的正负号不能确定. 若  $U < 0$ , 则可知  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial \mu} < 0$ ; 若  $U > 0$ , 则通过比较  $\frac{W}{U}$  和  $w_1$ ,

可知  $w_1 < \frac{W}{U}$ , 因此  $w \leq w_1 < \frac{W}{U}$ , 从而  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial \mu} < 0$ .

因此在决策环境和条件 DEC 以及  $w < w_1 < w_3$  的条件下,  $\frac{\partial s_{Mix}}{\partial \mu} < 0$ . 即证(2)成立.

命题 3 说明, 当存在中间策略时, 其大小分别受批发价和网络外部性的正相关和负相关影响, 即随着批发价的增大, 零售商的中间策略越来越偏向于利润最大化策略, 然而随着网络外部性强度的增大, 零售商的中间策略越来越偏向于收入最大化策略. 此外, 当中间策略存在时, 其还受到其他因素(如质量成本系数)的影响, 但因为其分析过程过于繁杂, 难以进行理论分析, 后面将通过数值算例进行说明.

**命题 4** 如果存在中间策略  $s^* = s_{Mix}$ , 即在  $w_2 < w < w_1$  条件下, 有

(1) 当可变质量成本为零 ( $k = 0$ ) 时, 演化均衡质量水平  $\bar{y} - (s_{Mix})$  是网络外部性强度  $\mu$  的增函数, 即  $\frac{\partial \bar{y} - (s_{Mix})}{\partial \mu} > 0$ ; 当可变质量成本不为零 ( $k \neq 0$ ) 时, 演化均衡质量水平  $\bar{y} - (s_{Mix})$  是网络外部性强度  $\mu$  的减函数, 即  $\frac{\partial \bar{y} - (s_{Mix})}{\partial \mu} < 0$ .

(2) 产品演化均衡销量  $\bar{q} - (s_{Mix})$  是网络外部性强度  $\mu$  的增函数, 即  $\frac{\partial \bar{q} - (s_{Mix})}{\partial \mu} > 0$ .

**证明** 制造商演化均衡质量水平  $\bar{y} - (s)$  和产品演化均衡销量  $\bar{q} - (s)$  分别为

$$\begin{aligned} \bar{y} - (s) &= s[sy^{PP} + (1-s)y^{PR}] + (1-s)[sy^{RP} + (1-s)y^{RR}] \\ &= \frac{2[k(sw-1) + w\gamma]}{3 + 4k\gamma - 2\mu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{q} - (s) &= s[sq_r^{PP} + (1-s)q_r^{PR}] + (1-s)[sq_r^{RP} + (1-s)q_r^{RR}] \\ &= \frac{3 - 2\mu + 2\gamma(k + w\gamma) - sw(3 + 2k\gamma - 2\mu)}{(3 + 4k\gamma - 2\mu)(3 - 2\mu)} \end{aligned}$$

(1) 当  $k = 0$  时,  $\bar{y} - (s) = \frac{2w\gamma}{3 + 4k\gamma - 2\mu}$ , 显然可知,  $\frac{\partial \bar{y} - (s_{Mix})}{\partial \mu} > 0$ ; 当  $k \neq 0$  时平均质量水平  $\bar{y}(s)$  在  $s^* = s_{Mix}$  时关于  $\mu$  的导数  $\frac{\partial \bar{y}(s_{Mix})}{\partial \mu} =$

$\frac{2(wM - N)}{(3 + 4k\gamma - 2\mu)^2 (B - A)^2}$ , 其中

$N = k[2(A - B)^2 + (3 + 2k\gamma - 2\mu)^2(3 + 4k\gamma - 2\mu) \times$   
 $(A' - B') - 2(B - A)(3 + 2k\gamma - 2\mu)(3 + 6k\gamma - 2\mu)]$   
 $M = 2(B - A)[(\gamma + k)B - \gamma A] + (3 + 4k\gamma - 2\mu)k(BA' - AB')$ . 易知  $N > 0, A' - B' > 0$  和  $B' < 0$ , 然而  $M$  的正负号不定. 若  $M < 0$ , 则可知  $\frac{\partial \bar{y}(s_{Mix})}{\partial \mu} < 0$ ; 若  $M > 0$ , 则通过比较  $\frac{N}{M}$  和  $w_1$ , 可知  $w_1 < \frac{N}{M}$ , 因此  $w \leq w_1 < \frac{N}{M}$ , 即  $wM - N < 0$ , 从而  $\frac{\partial \bar{y} - (s_{Mix})}{\partial \mu} < 0$ . 即证(1)成立.

同理可证(2)成立.

命题 4 说明, 对于中间策略的演化均衡质量水平与网络外部性强度的正负相关性的确定与可变质量成本有关. 对于一些没有可变质量成本, 或者可变质量成本可以忽略的产品, 如软件产品等(这些产品开发一般是一次性的投入过程, 即固定质量成本, 其复制、授权、转移的成本基本可以忽略), 它的质量水平与网络外部性强度是正相关的. 而对于一些存在可变质量成本的产品, 如手机等, 其质量水平与网络外部性强度是负相关的. 然而, 市场演化均衡销量与网络外部性强度总存在正相关关系, 即随着网络外部性强度的增大, 市场销量将增大. 因此, 从命题 4 的结论上看, 网络

外部性强度也有可能对制造商和零售商的演化均衡利润产生影响,但是由于参数较多和理论分析的复杂性,这个影响效果将在第 5 节算例中呈现.

### 5 算例分析

在前文中,由于模型的参数较繁杂,导致难以进行深入的理论分析,尤其是网络外部性对制造商质量决策和零售商经营目标选择的影响没有很好地体现出来.本节将通过数值算例的方法,重点分析网络外部性在其中的作用.

为了分析网络外部性和可变质量成本系数对均衡质量水平和零售商经营目标的演化稳定策略的影响,参考命题 1 至命题 4 的条件和结论,利用 Mathematica 软件,作如下算例.

设可变质量成本系数  $k = 0.1$ ,质量水平的敏感系数  $\gamma = 0.5$ ,根据决策环境和条件 DEC,取  $w = 0.6$ ,则网络外部性强度需满足条件  $0 < \mu < \min\{1.24, 1\} = 1$ .

将命题 2 中的批发价  $w$  的条件转化为网络外部性强度的条件,则由命题 2 的结论可知:当  $0 < \mu < \mu_1 = 0.476$  时,零售商群体的演化稳定策略  $s^* = 1$ ;当  $\mu_1 \leq \mu \leq \mu_2 = 0.653$  时,零售商群体的演化稳定策略  $s^* = \frac{(3.285 - \mu)(1.712 - \mu)(0.653 - \mu)}{(1.555 - \mu)(1.045 - \mu)}$ ;当  $\mu > \mu_2$  时,零售商群体的演化稳定策略  $s^* = 0$ .

对网络外部性强度从 0 到 1 分别取点,得到相应的  $w_1, w_2$  和  $s^*$  的值,以及演化均衡质量水平  $\bar{y}(s^*)$ 、演化均衡销量  $\bar{q}(s^*)$ 、零售商演化均衡利润  $\bar{\pi}_r(s^*)$  和制造商演化均衡利润值  $\bar{\pi}_m(s^*)$ ,如下表 2 所示.

表 2 网络外部性对企业决策和利润的影响( $k = 0.1$ )

Table 2 Influence of NEs on decision-making and profit of enterprise ( $k = 0.1$ )

$\mu$	$w_2$	$w_1$	$s^*$	$F'(s^*)$	$\bar{y}(s^*)$	$\bar{q}(s^*)$	$\bar{p}(s^*)$	$\bar{\pi}_r(s^*)$	$\bar{\pi}_m(s^*)$
0.1	0.256	0.374	1	-0.043	0.173	0.174	0.774	0.030	0.188
0.2	0.310	0.420	1	-0.035	0.186	0.190	0.780	0.036	0.203
0.3	0.350	0.474	1	-0.025	0.200	0.208	0.808	0.043	0.222
0.4	0.400	0.541	1	-0.013	0.217	0.231	0.831	0.053	0.244
0.5	0.464	0.621	0.895	-0.004	0.231	0.289	0.826	0.065	0.307
0.55	0.502	0.669	0.655	-0.010	0.228	0.379	0.775	0.065	0.412
0.6	0.546	0.722	0.369	-0.010	0.2221	0.494	0.715	0.057	0.546
0.7	0.656	0.852	0	-0.018	0.2222	0.694	0.694	0.066	0.778
0.8	0.819	1.027	0	-0.072	0.250	0.804	0.804	0.164	0.893
0.9	1.076	1.277	0	-0.159	0.286	0.952	0.952	0.336	1.048

从表 2 可以看出,在其他参数一定的条件下:

(1) 批发价的临界值与网络外部性强度呈正相关关系,并且临界值的差值随网络外部性的增大而增大,这与命题 1 的结论一致,说明网络外部性通过影响临界值的大小,进而影响到单次博弈的零售商行为的 Nash 均衡结果.

(2) 网络外部性对零售商经营目标的演化产生重要影响,当网络外部性较低( $\mu < 0.5$ )时,零售商的经营目标演化稳定为利润最大化策略;当网络外部性处在中等水平( $0.5 \leq \mu < 0.7$ )时,零售商的经营目标演化稳定为中间策略——利润最大化和收入最大化的混合策略;当网络外部性

较强( $\mu \geq 0.7$ )时,零售商的经营目标演化稳定为收入最大化策略.因此,零售商应充分获取网络外部性信息,预测和判断网络外部性强度大小,根据网络外部性大小来及时调整经营目标策略.网络外部性越大,零售商越适合采用更具市场侵占性的收入最大化策略.

(3) 网络外部性对演化均衡销量总是产生正向影响,但对产品均衡质量的影响效果与零售商经营目标的演化稳定状态有关.当零售商的经营目标演化稳定在利润最大化或者收入最大化纯策略状态时,制造商的产品均衡质量与网络外部性强度正相关,但当零售商的经营目标演化稳定在

混合均衡状态时,制造商的产品均衡质量水平与网络外部性强度负相关(如图 1 所示的  $k = 0.1$  线). 这说明,当制造商只拥有部分市场决策权力时,制造商的质量决策将受到零售商的经营目标策略调整的影响,并且零售商的混合策略会对制造商的质量决策产生不利影响. 结合上述结论(2),可归纳如下影响机理:随着网络外部性的变化,零售商的经营目标策略将随之调整,进而影响制造商的质量决策的改变. 从整体上来看,随着网络外部性从小到大变化,零售商的经营目标策略从利润最大化策略演化为混合策略,最后演化为收入最大化策略,相对应地,制造商的质量水平也呈现低、中、高的变化. 这说明,随着网络外部性越大,消费者的支付意愿也越高,此时制造商更愿意配合零售商的经营策略,去生产更高质量的产品推向市场.

(4)网络外部性对制造商演化均衡利润总是正向影响,但对零售商演化均衡利润的影响与零售商经营目标的演化稳定状态有关. 当零售商的经营目标演化稳定在利润最大化或者收入最大化纯策略状态时,零售商利润与网络外部性强度正相关,但当零售商的经营目标演化稳定在混合均衡状态时,零售商利润与网络外部性负相关. 此外,从供应链整体看,供应链演化均衡利润与网络外部性强度正相关. 因此,整体看来,网络外部性对制造商和零售商都是有利的. 仅当零售商的经营目标策略处于混合状态时,零售商的利润才会受到网络外部性的一些负面影响(这主要还是由于零售商的混合策略对制造商的质量决策产生不

利影响而导致的). 因此,零售商应尽可能避免经营目标策略的混合,尽量保持经营目标策略的一致性,这样才更有利于其自身的经营发展,也更有利于供应链的协同发展.

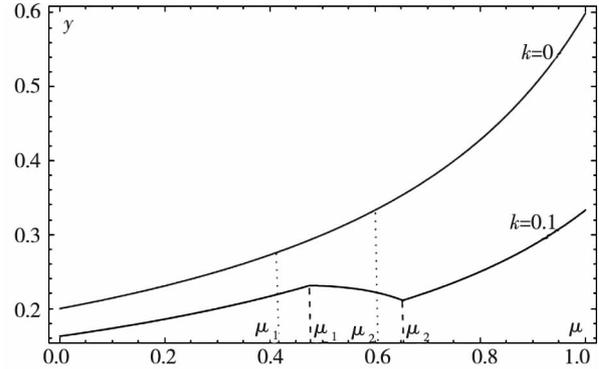


图 1 网络外部性对演化均衡质量水平的影响

Fig.1 Influence of NEs on evolutionary equilibrium quality

在不考虑可变质量成本的情况下,即  $k = 0$  时,质量水平的敏感系数  $\gamma$  和批发价  $w$  仍取上面的值,则在决策环境和条件 DEC 下网络外部性强度满足条件  $0 < \mu < \min\{1.19, 1\} = 1$ .

将命题 2 中的批发价  $w$  条件转化为网络外部性强度的条件,则由命题 2 的结论可知:当  $0 < \mu < \mu_1 = 0.423$  时,零售商群体演化稳定策略  $s^* = 1$ ;当  $\mu_1 \leq \mu \leq \mu_2 = 0.605$  时,零售商群体演化稳定策略  $s^* = \frac{39 - 100\mu + 66\mu^2 - 12\mu^3}{6(1 - \mu)(3 - 2\mu)}$ ;当  $\mu > \mu_2$  时,零售商群体演化稳定策略  $s^{**} = 0$ .

对网络外部性强度从 0 到 1 分别取点,由此可得下表 3.

表 3 网络外部性对企业决策和利润的影响 ( $k = 0$ )

Table 3 Influence of NEs on decision-making and profit of enterprise ( $k = 0$ )

$\mu$	$w_2$	$w_1$	$s^*$	$F'(s^*)$	$\bar{y}(s^*)$	$\bar{q}(s^*)$	$\bar{p}(s^*)$	$\bar{\pi}_r(s^*)$	$\bar{\pi}_m(s^*)$
0.1	0.291	0.395	1	-0.04	0.214	0.181	0.781	0.033	0.194
0.2	0.328	0.445	1	-0.031	0.231	0.198	0.798	0.039	0.211
0.3	0.373	0.505	1	-0.020	0.25	0.219	0.819	0.048	0.231
0.4	0.429	0.577	1	-0.005	0.273	0.243	0.844	0.059	0.255
0.5	0.5	0.667	0.667	-0.010	0.3	0.375	0.775	0.066	0.405
0.55	0.544	0.72	0.384	-0.014	0.316	0.488	0.719	0.058	0.536
0.6	0.594	0.78	0.039	-0.002	0.333	0.635	0.659	0.037	0.707
0.7	0.726	0.928	0	-0.04	0.375	0.742	0.742	0.106	0.82
0.8	0.923	1.133	0	-0.107	0.429	0.867	0.867	0.232	0.945
0.9	1.261	1.442	0	-0.218	0.5	1.042	1.04	0.46	1.125

从表 3 可以看出,在可变质量成本为零时,网络外部性对批发价临界值、零售商经营目标的演化稳定策略、演化均衡销量和价格,以及零售商和制造商的演化均衡利润的影响效果均与存在可变质量成本时一致.较大的差异在于,可变质量成本为零时的产品演化均衡质量水平总与网络外部性强度正相关,即随着网络外部性强度的增大,均衡质量水平越高(如图 1 所示的  $k = 0$  线).另外,综合表 2、表 3 和图 1,还可以直观地发现可变质量成本为零时的均衡质量水平、产品销量、零售商利润和制造商利润均比存在可变质量成本时要高,这说明可变质量成本系数的大小也会影响决策变量的均衡值和节点企业的均衡利润.

表 4 可变质量成本系数对企业决策和利润的影响

Table 4 Influence of VQCs on decision-making and profit of enterprise

$k$	$s^*$	$F'(s^*)$	$\bar{y}(s^*)$	$\bar{q}(s^*)$	$\bar{\pi}_r(s^*)$	$\bar{\pi}_m(s^*)$
0	0.667	-0.010	0.3	0.375	0.066	0.405
0.05	0.788	-0.008	0.261	0.329	0.066	0.352
0.10	0.895	-0.004	0.231	0.289	0.065	0.307
0.15	0.992	-0.0003	0.208	0.254	0.064	0.268
0.20	1.000	-0.003	0.183	0.246	0.060	0.260
0.25	1.000	-0.007	0.16	0.24	0.058	0.256
0.30	1.000	-0.010	0.138	0.235	0.055	0.252

从表 4 可以看出:

(1) 演化均衡质量和销量,以及节点企业的演化均衡利润均随着可变成本系数的增大而降低,然而均衡价格受可变质量成本系数的影响效果则相反.

(2) 随着可变质量成本系数的增大,采用利润最大化目标策略的零售商群体比例上升.这是因为,可变质量成本系数的增大将使得产品质量水平降低,并影响到市场需求.在需求减少的情况下,零售商的经营目标策略将更趋向保守,更加注重单位产品的获利,从而更倾向于采用利润最大化策略.

从表 4 还可以看出,在质量水平的敏感系数和批发价给定的情况下,当网络外部性强度  $\mu = 0.5$  时,无论可变质量成本系数的大小如何,  $s^* = 0$  总不是零售商群体的演化稳定策略.那么,

下面通过表 4 来分析可变质量成本系数对制造商和零售商的均衡决策和利润的影响.

设网络外部性强度  $\mu = 0.5$ ,质量水平的敏感系数  $\gamma$  和批发价  $w$  仍取上面的值,则在决策环境和条件 DEC 下的可变质量成本系数满足条件  $0 \leq k \leq 0.3$ .将命题 2 中的批发价  $w$  条件转化为可变质量成本系数的条件,由命题 2 的结论可知:当  $0 \leq k < k_1 \leq 0.155$  时,零售商群体的演化稳定策略  $s^* = \frac{16 + 94k + 55k^2}{6(2 + k)(2 + 3k)}$ ;当  $k_1 \leq k \leq 0.3$  时,零售商群体的演化稳定策略  $s^* = 1$ .对可变质量成本系数从 0 到 0.3 分别取点,由此可得下表 4.

这就促使人们思考一个问题:网络外部性和可变质量成本对零售商经营目标选择(或者说对零售商经营目标的演化稳定策略)将产生怎样的交叉影响效应?

于是,根据以上条件,作出网络外部性与可变质量成本系数对零售商经营目标演化稳定策略的交叉影响图,如图 2 所示,区域(I)为不满足决策环境和条件 DEC 的区域;区域(II)为零售商经营目标演化稳定为利润最大化策略的区域;区域(III)为零售商经营目标演化稳定为混合策略的区域;区域(IV)为零售商经营目标演化稳定为收入最大化策略的区域.从图 2 可以看出,网络外部性对零售商经营目标演化稳定策略的影响要大于可变质量成本系数,表现在:(1)当网络外部性强度较小( $0.15 < \mu < 0.43$ )时,不管可变质量成本系数的大小如何,利润最大化策略总是零售

商的经营目标演化稳定策略；当网络外部性较大 ( $0.69 < \mu < 1$ ) 时, 收入最大化总是零售商的经营目标演化稳定策略；当网络外部性强度居中 ( $0.43 < \mu < 0.69$ ) 时, 随着可变成本系数的减小, 零售商的经营目标演化稳定策略会发生转变, 或者从利润最大化策略演化稳定为混合策略, 或者从混合策略演化稳定为收入最大化策略。

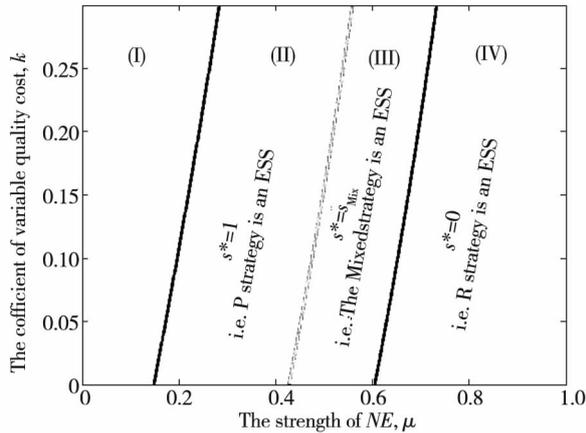


图 2 网络外部性与可变量质量成本系数对零售商演化稳定策略的交叉影响

Fig. 2 Influence of NEs and VQCs on retailers' ESS

## 6 结束语

本文在网络外部性环境和两级供应链框架下, 构建了制造商质量动态决策和零售商单群体演化博弈模型, 研究了网络外部性和可变量质量成本系数对零售商演化稳定策略、制造商质量决策、以及节点企业利润的影响. 通过数值算例验证了所得到的理论成果, 并分析了网络外部性和可变量质量成本系数对零售商演化稳定策略的交叉影响问题, 得到如下结论:

网络外部性对零售商的经营目标策略的演化稳定性产生重要影响. 与易余胤和杨海深等<sup>[19]</sup>的研究类似, 同时也发现, 较大的网络外部性会使得零售商选择收入最大化策略; 反之, 较小的网络外部性导致零售商选择利润最大化策略. 这两种情况均与可变成本系数的大小无关. 然而, 不同于易余胤和杨海深等<sup>[19]</sup>的研究, 本文还发现, 当网络外部性处在中等水平时, 其与可变量质量成本系

数对零售商演化稳定策略呈现出交叉影响效应, 并随着可变量质量成本系数的减小, 零售商经营目标策略呈现从利润最大化策略向混合策略, 或者混合策略向收入最大化策略演变的趋势. 显然, 这个研究发现拓展和丰富了易余胤和杨海深等<sup>[19]</sup>的研究成果.

除了上述新发现, 本文还揭示了不同网络外部性环境中的制造商质量决策与零售商的经营目标选择之间的关系机理. 具体而言, 当网络外部性较小时, 零售商的经营目标演化稳定为利润最大化策略, 此时制造商将制定低产品质量水平; 当网络外部性处在中等水平时, 零售商的经营目标演化稳定为中间策略——利润最大化和收入最大化的混合策略, 此时制造商将制定中等产品质量水平; 当网络外部性较大时, 零售商的经营目标演化稳定为收入最大化策略, 此时制造商将制定高产品质量水平. 即从整体上来看, 随着网络外部性从小到大变化, 零售商的经营目标策略将由利润最大化策略演化为既关注利润最大化又关注收入最大化的混合目标策略, 最后演化为收入最大化策略, 而制造商的产品质量水平也将相应地呈现低、中、高的变化. 这说明, 随着网络外部性越大, 消费者的支付意愿也越高, 此时制造商更愿意配合零售商的经营目标策略, 去生产更高质量的产品推向市场. 这个结论揭示了在不同的网络外部性环境下制造商将如何根据零售商经营目标策略的调整来决策产品质量的关系机理, 是对现有研究成果的有益补充和完善.

本文还探讨了可变量质量成本系数和网络外部性对产品均衡质量的影响效果, 发现可变量质量成本系数对产品均衡质量的影响总是负向的, 而网络外部性对产品均衡质量的影响与可变量质量成本系数和零售商演化稳定状态有关. 当可变量质量成本接近于零时, 网络外部性对产品均衡质量的影响总是正向的; 而当可变量质量成本不为零时, 网络外部性对产品均衡质量的影响效果与零售商经营目标策略的演化稳定状态有关, 即当零售商的经营目标演化稳定在利润最大化或者收入最大化纯策略状态时, 产品的均衡质量与网络外部性强度

正相关,但当零售商的经营目标演化稳定在混合策略状态时,产品的均衡质量水平与网络外部性强度负相关.因此,在供应链框架下,当零售商的经营目标发生变化时,网络外部性效应的增加并不总是使得产品质量降低.这与 Lambertini 和 Orsini<sup>[47]</sup>在垄断企业下采用利润最大化目标进行质量决策的结论有所不同.他指出网络外部性的增加总会带来产品质量的持续降低.

无论零售商经营目标策略如何选择,可变质量成本系数对节点企业的演化均衡利润的影响总是负向的,网络外部性对制造商和供应链的演化均衡利润的影响总是正向的,但网络外部性对零售商演化均衡利润的影响与演化稳定状态有关,当演化均衡处在利润最大化或者收入最大化纯策略状态时,零售商利润与网络外部性强度正相关,但是当演化均衡处在混合均衡状态时,零售商利

润与网络外部性负相关.

本文的假设和结论还可进一步拓展,比如:1)本文主要考虑制造商质量决策与零售商收入最大化和利润最大化经营策略之间的互动博弈关系,还可以考虑零售商其他经营策略,比如质量改善激励因子的经营策略.2)本文关于网络外部性的分析仍然沿用 Katz 和 Shapiro 的思想,把网络外部性强度均假设为外生变量,相关实证研究表明,产品质量会影响产品的网络外部性强度,因此可以把网络外部性作为内生变量,假设产品网络外部性强度与产品质量相关,研究两者的相关程度对质量决策模式和零售商演化稳定策略的影响;3)本文在一个制造商和多个零售商的供应链框架下来开展研究,没有考虑上游制造商的竞争关系,因此还可以考虑多个具有竞争博弈关系的制造商和多个零售商的供应链结构.

#### 参 考 文 献:

- [1] Yang S, Shi C, Zhang Y, et al. Price competition for retailers with profit and revenue targets[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 154: 233 – 242.
- [2] Rudis E V. CEO challenge 2006: Perspectives and Analysis[M]. New York: The Conference Board, 2007.
- [3] Xiao T J, Yu G. Business objectives of retailers with differentiated goods: An evolutionary perspective[J]. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 2006, 15(3): 359 – 374.
- [4] Xiao T J, Yu G. Supply chain disruption management and evolutionarily stable strategies of retailers in the quantity-setting duopoly situation with homogeneous goods[J]. *European Journal of Operational Research*, 2006, 173: 648 – 668.
- [5] Sheetal S, Harsh V. Customer expectations and service quality dimensions consistency: A study of select industries[J]. *Journal of Management Research*, 2002, (2): 43 – 52.
- [6] Zhang J, Niu B. Dynamic quality decisions of software-as-a-service providers based on customer perception[J]. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2014, (13): 151 – 163.
- [7] Katz M L, Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility[J]. *The American Economic Review*, 1985, 75(3): 424 – 440.
- [8] Baake P, Boom A. Vertical product differentiation, network externalities, and compatibility decisions[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2001, 19(1 – 2): 267 – 284.
- [9] Prasad A, Venkatesh R, Mahajan V. Optimal bundling of technological products with network externality[J]. *Management Science*, 2010, 56(12): 2224 – 2236.
- [10] Hoernig S. Strategic delegation under price competition and network effects[J]. *Economics Letters*, 2012, 117: 487 – 489.
- [11] Chirco A, Scrimatore M. Choosing price or quantity? The role of delegation and network externalities[J]. *Economics Letters*, 2013, 121: 482 – 486.
- [12] Etzion H, Pang M S. Complementary online services in competitive markets: Maintaining profitability in the presence of network effects[J]. *Management Information Systems Quarterly*, 2014, 38(1): 231 – 248.
- [13] Pal. Cournot vs. Bertrand under relative performance delegation: Implications of positive and negative network externalities[J]. *Mathematical Social Sciences*, 2015, 75: 94 – 101.
- [14] Liu Z, Li M, Kou J. Selling information products: Sale channel selection and versioning strategy with network externality

- [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 166: 1 – 10.
- [15] Masaki A. Bertrand competition under network externalities[J]. *Journal of Economic Theory*, 2018, 178: 517 – 550.
- [16] Dongjoon L, Kangsik C. The efficiency of competing vertical chains with network externalities[J]. *Economics Letters*, 2018, 168: 1 – 5.
- [17] 李永立, 刘欣, 曲昱晓, 等. 考虑网络外部性和先行消费者效应的生产商最优定价模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2018, 38(3): 665 – 676.  
Li Yongli, Liu Xin, Qü Yuxiao, et al. Optimal pricing model of producers by considering network externality and first customer movers' effect[J]. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2018, 38(3): 665 – 676. (in Chinese)
- [18] 刘志勇, 叶飞. 基于网络外部性的网络游戏定价模式选择[J]. *系统管理学报*, 2018, 27(6): 1074 – 1080.  
Liu Zhiyong, Ye Fei. Selection of online game in pricing based on network externality[J]. *Journal of Systems & Management*, 2018, 27(6): 1074 – 1080. (in Chinese)
- [19] 易余胤, 杨海深, 张显玲. 网络外部性下双零售商竞争的演化博弈分析[J]. *管理科学学报*, 2016, 19(9): 34 – 48.  
Yi Yuyin, Yang Haishen, Zhang Xianling. Evolutionary game analysis of duopoly retailers' competition under network externality[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(9): 34 – 48. (in Chinese)
- [20] Gurnani H, Erkoc M, Luo Y. Impact of product pricing and timing of investment decisions on supply chain co-opetition[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 180(1): 228 – 248.
- [21] Ouardighi F E, Kim B. Supply quality management with wholesale price and revenue-sharing contracts under horizontal competition[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 206(2): 329 – 340.
- [22] Xie G, Wang S, Lai K K. Quality improvement in competing supply chains[J]. *International Journal Production Economics*, 2011, 134(1): 262 – 270.
- [23] Ma P, Wang H, Shang J. Supply chain channel strategies with quality and marketing effort-dependent demand[J]. *International Journal of Production Economics*, 2013, 144: 572 – 581.
- [24] Pal B, Sana S S, Chaudhuri K. Two-echelon manufacturer-retailer supply chain strategies with price, quality, and promotional effort sensitive demand[J]. *International Transactions in Operational Research*, 2015, 22(6): 1071 – 1095.
- [25] Chen Jingxian, Liang Liang, Yao Dongqing, et al. Price and quality decisions in dual-channel supply chains[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 259(3): 935 – 948.
- [26] Seung H, Taesu C. Quality improvement incentive strategies in a supply chain[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2018, 114: 331 – 342.
- [27] 温小琴, 胡奇英. 基于质量意识和工艺创新的供应链质量决策[J]. *管理科学学报*, 2018, 21(2): 80 – 90.  
Wen Xiaoqin, Hu Qiyong. Quality choice in a supply chain based on quality consciousness and process innovation[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(2): 80 – 90. (in Chinese)
- [28] Vickers J. Delegation and the theory of the firm[J]. *The Economic Journal*, 1985, 95: 138 – 147.
- [29] Fershtman C, Judd K L. Equilibrium incentives in oligopoly[J]. *The American Economic Review*, 1987, 77(5): 927 – 940.
- [30] Katz M L. Game-playing agents: Unobservable contracts as precommitments[J]. *The RAND Journal of Economics*, 1991, 22(3): 307 – 328.
- [31] Barros F. Incentive schemes as strategic variables: An application to a mixed duopoly[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 1995, 13: 373 – 386.
- [32] Donder P D, Roemer J E. Mixed oligopoly equilibria when firms' objectives are endogenous[J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2009, 27: 414 – 423.
- [33] Matsumura T, Matsushima N. Competitiveness and stability of collusive behavior[J]. *Bulletin of Economic Research*, 2012, 64(1): 22 – 31.
- [34] Matsumura T, Matsushima N, Cato S. Competitiveness and R&D competition revisited[J]. *Economic Modelling*, 2013, 31: 541 – 547.
- [35] Espinosa G E, Touzi N. Optimal investment under relative performance concerns[J]. *Mathematical Finance*, 2015, 25(2): 221 – 257.
- [36] Elsadany A A. Dynamics of a cournot duopoly game with bounded rationality based on relative profit maximization[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2017, 294: 253 – 263.
- [37] Schaffer M. Evolutionary stable strategies for a finite population and a variable contest size[J]. *Journal of Theoretical Biology*

- gy, 1988, 132: 469 – 478.
- [38] Bester H, Güth W. Is altruism evolutionarily stable? [J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 1998, 34: 193 – 209.
- [39] Güth W, Peleg B. When will payoff maximization survive? An indirect evolutionary analysis[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2001, 11: 479 – 499.
- [40] Yang S, Huang G Q, Song H, et al. A game-theoretic approach to choice of profit and revenue maximization strategies in tourism supply chains for package holidays[J]. *Journal of China Tourism Research*, 2008, 4(1): 45 – 60.
- [41] Xiao T J, Chen G H. Wholesale pricing and evolutionarily stable strategies of retailers with imperfectly observable objective [J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 196: 1190 – 1201.
- [42] Opper S, Wong S, Yang Y. Sales maximization or profit maximization? How state shareholders discipline their CEOs in China[J]. *Asia-Pacific Journal of Financial Studies*, 2012, 41(3): 347 – 375.
- [43] Yi Y Y, Yang H S. Wholesale pricing and evolutionary stable strategies of retailers under network externality[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 259(1): 37 – 47.
- [44] Kopalle P K, Rao A G, Assuncao J L. Asymmetric reference price effects and dynamic pricing policies[J]. *Marketing Science*, 1996, 15(1): 60 – 85.
- [45] Banker R D, Khosla I, Sinha K K. Quality and competition[J]. *Management Science*, 1998, 44(9): 1179 – 1192.
- [46] Weibull W. *Evolutionary Game Theory*[M]. Cambridge: MIT Press, 1995.
- [47] Lambertini L, Orsini R. R&D for quality improvement and network externalities[J]. *Networks and Spatial Economics*, 2010, 10(1): 113 – 124.

## The decision-making of product quality and retailers' selection of business objective under network externalities

YI Yu-yin<sup>1</sup>, YANG Hai-shen<sup>2</sup>

1. School of Management, Jinan University, Guangzhou 510632, China;

2. Guangdong Academy of Social Sciences, Guangzhou 510635, China

**Abstract:** To reveal the influence mechanisms for manufacturers' product quality decision and retailers' selection of business objective strategies in market environments with network externalities (NEs), an evolutionary game model is constructed. On this basis, the influences of NEs and variable quality costs (VQCs) on retailers' evolutionarily stable strategy (ESS) of business objectives, the manufacturers' decision-making for product quality and the profits of enterprises are analyzed. The results show that, when the manufacturer only has partial market power, its decisions with regard to product quality are affected by the retailers' selection of business objective strategies which are affected by NEs. When the NEs are low, the retailers will take a profit maximization strategy and the manufacturer will set a low product quality. When the NEs are moderate, the business objective of retailers is evolved to a stable co-existence of both profit and revenue maximization. In this case, a moderate product quality would be set by the manufacturer. When the NEs are large, the retailers will change the business objective to revenue maximization strategy and the manufacturer will set a high product quality. When the NEs are at a moderate level, NEs and VQCs will exert a cross-effect on the business objective selection of retailers. The retailers' ESS changes, with the decrease of the VQC, either from profit maximization to the mixed strategy, or from the mixed strategy to revenue maximization. The influence of NEs on the product quality of manufacturers is related to VQCs and retailers' selection of business objectives, while an increase in the NEs does not always improve product qualities.

**Key words:** network externality; decision-making for product quality; evolutionarily stable strategy; revenue maximization; profit maximization