

网络外部性下基于不确定环境的竞争供应链纵向结构选择

刘晓婧, 艾兴政, 唐小我

(电子科技大学 经济与管理学院, 成都 611731)

摘要: 在网络外部性情境下, 考察网络外部性强度、竞争强度和 market 风险对竞争供应链结构选择的影响, 分别从制造商与供应链的角度出发, 识别竞争供应链的纵向结构选择策略和动态演化均衡. 基于制造商的结构选择受市场风险波动范围和竞争强度的影响, 竞争强度边界和 risk 的范围依赖于网络外部性强度系数, 在不同的网络外部性环境下, 竞争强度和 risk 对制造商的结构选择的影响作用不同; 基于供应链系统的控制结构选择与市场 risk 无关, 仅与依赖于网络外部性强度的竞争强度有关.

关键词: 网络外部性; 不确定; 竞争供应链; 纵向控制结构

中图分类号: F273

文献标志码: A

Control structure of competitive supply chain under network externality and uncertainty

LIU Xiao-jing, AI Xing-zheng, TANG Xiao-wo

(School of Economics and Management, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China. Correspondent: LIU Xiao-jing, E-mail: xiaojingyidu@163.com)

Abstract: Under network externality, this paper investigates the impact of network externality, competition intensity and market risk on the choice of the vertical control structure of the competitive supply chain, and addresses the evolution process and the equilibrium of the vertical structure from the aspect of manufacturer's profit and supply chain's profit. The choice from manufacturers is influenced by the competition intensity and market risk, which are influenced by the network externalities. When the network externality changes, the competition intensity and market risk play different role in the choice of the vertical control structure. The choice from supply chains is irrelevant to the market risk, which is influenced by the network externality.

Keywords: network externality; uncertainty; competitive supply chain; vertical control structure

0 引言

经济和信息技术的发展, 使现代商业的竞争不再局限于企业之间, 而是拓展到了整个供应链^[1], 1999年, Deloitte 公司通过对美国和加拿大 200 多个大型企业包括制造商和分销商等进行调研后, 在其详细的调研报告中提到了这个观点. 报告中涉及到的行业涵盖汽车制造、消费类产品、电子产品、电信业等, 这些行业明显具有网络外部性特点. Katz 等^[2]界定了网络外部性的内涵, 是指消费者因购买或使用某种商品所获得的效用因消费此商品或兼容商品的人数增加而得到提高. 在产品具有网络外部性特征的市场上, 网络外部性通过改变消费者的效用对消费者的购买决策和需求产生影响, 进而对企业的生产、价格策略

和供应链的管理等策略产生影响. 特别是企业的各种竞争策略, 会受到网络外部性强度大小的影响, 进而导致网络外部性产业的不同市场结构^[3]. 网络外部性强度将企业与消费者群体联系在一起, 是企业的战略资源^[4]. 网络技术的飞速发展促使了网络经济的快速发展, 不同于传统经济, 在网络经济中, 产品具有网络外部性的重要特点, 如日常生活中常见的手机、电脑、汽车等.

在网络外部性的研究上, Hajja 等^[5]和 Bayer 等^[6]主要考察了在产品具有网络外部性特征时企业的定价决策. 潘小军等^[7]通过两个销售可替代产品的竞争企业模型, 考察了网络外部性对产品纵向差异的影响. 易余胤等^[8]在网络外部性情形下针对零售商的数量

收稿日期: 2015-10-16; **修回日期:** 2016-01-12.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71372140); 国家自然科学基金重点项目(71432003, 71531003).

作者简介: 刘晓婧(1983—), 女, 博士生, 从事供应链管理的研究; 艾兴政(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 从事供应链管理研究.

竞争策略和价格竞争策略,分析了不同策略的演化博弈均衡.刁新军等^[9]在网络外部性产品存在纵向差异化的假设下,研究了两个垄断企业的价格竞争问题.赵良杰等^[10]从消费者感知质量差异角度考察了网络外部性市场结构的演化.Georgia等^[11]考虑了部分正网络外部性对供应链绩效的影响,研究发现,当零售商存在不完全信息时,供应链的分散化结构中不存在双重边际化.但这类文献只是考察了网络外部性对企业战略决策的影响,并没有从竞争供应链的角度考察网络外部性和竞争强度的关系以及对供应链的影响.

在竞争供应链的研究方面,很大一部分是对竞争供应链控制结构的研究:McGuire等^[12]假设需求为确定的线性函数,分析了链与链竞争的纵向控制结构,得到了分散化结构可以使两个制造商避开价格竞争的结论.Coughlan^[13]在电子行业中研究了链与链竞争的纵向控制结构,并将结果拓展到一般的需求函数.Moorthy^[14]对McGuire模型进行了拓展,考虑了纵向内相互作用与分散化结构的联系.廖涛等^[15]在供应链价格与服务竞争下,考察了服务成本是如何影响供应链纵向控制结构和系统绩效的.

经济活动中,不确定性是其基本特征之一,是任何决策都会面临的问题^[16].在竞争供应链的控制结构选择问题上,需求的不确定性是客观存在的,同时也会对均衡结构的选择产生影响.戴尔是生产PC机的主要企业,在PC机发展的初期,PC机可以说是一种奢侈品,此时供应链面对的主要问题是需求的极其不稳定^[17],戴尔在供应链运作上实行了一体化的模式并取得了成功.随着技术的改进,PC市场的同质化、大众化越来越严重,供应链面对着激烈的竞争,戴尔的模式不再具备竞争优势,其市场份额逐渐降低,而传统的分散化渠道更有优势,使整个供应链的绩效要明显高于一体化模式下的绩效.

在竞争供应链的研究方面,部分文献考虑到了需求风险的存在.Wu等^[18]基于讨价还价模型,研究了需求不确定时的供应链竞争均衡.Wu等^[19]假设需求不确定的情形,研究了生产成本是如何影响竞争供应链的渠道均衡结构的.利用预测信息结构模型,艾兴政等^[20-21]在需求不确定性因素存在时,首先研究了需求风险对竞争供应链纵向结构选择的影响,然后考虑了产品竞争和不确定风险是如何影响竞争供应链纵向联盟的.赵海霞等^[22]对需求不确定的链与链竞争进行了拓展,识别了固定加价合同选择策略和博弈均衡特征,分析了市场需求波动风险和固定加价比例对合同选择行为的影响.上述文献在不确定条件下研究竞争供应链问题,并没有考虑网络外部性因素.在具有网络外部性的产品市场中,消费者的购买决策会受到网络外部性的影响,因此加剧了需求的不确定性.

当竞争供应链上的产品具有网络外部性的特点时,在市场风险存在并受网络外部性影响的情形下,竞争供应链的纵向结构选择是本文研究的重点.

本文对传统的链与链之间的竞争模型进行了扩展,考虑最终产品具有网络外部性特征,分析了网络外部性对竞争强度和市场竞争风险的影响,揭示了在不同的网络外部性强度范围内,市场竞争风险和竞争强度的变化对供应链纵向结构选择的作用,以期为现实中企业的市场决策选择提供参考.

1 模型

假设生产具有网络外部性特征可替代产品的两条竞争供应链,供应链由两个制造商和两个排他性零售商构成,每条供应链上的成员展开以制造商为主导的Stackelberg博弈,并且两条链的纵向合同不被竞争对手所观测.两条竞争供应链的博弈顺序如下:每条供应链根据终端市场预测信息,选择实行一体化结构或分散化结构;如果为一体化结构,则根据供应链的预测信息确定订货量,如果为分散化结构,则制造商先决策批发价格,零售商根据预测信息和批发价决定订货量;制造商按订货请求进行生产,零售商通过销售满足市场的需求,进而两条链形成横向竞争.不失一般性,假设制造商的边际制造成本为零,零售商的销售成本为零.根据文献[2]对网络外部性的定义和文献[7-8]的思路,假设两个具有网络外部性和替代性产品的价格函数可表示为

$$p_i = a - q_i - bq_j + f(q_i^e), \quad j = 3 - i, \quad i = 1, 2. \quad (1)$$

其中: q_i^e 为产品的预期消费规模, $f(q_i^e)$ 为产品 i 的网络外部性效应函数.在消费者的理性预期下,假设 $q_i^e = q_i$.可令 $f(q_i^e) = \mu q_i$, $\mu \in (0, 1)$ 刻画了网络外部性强度.于是改写的价格函数为

$$p_i = a - q_i - bq_j + \mu q_i, \quad j = 3 - i, \quad i = 1, 2. \quad (2)$$

相应地,需求函数为

$$q_i = \frac{ab - a + \mu a + p_i - \mu p_i - bp_j}{b^2 - 1 + 2\mu - \mu^2}, \quad j = 3 - i, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

$$a = 1 + e, \quad e \sim N(0, v). \quad (4)$$

其中: a 为消费者购买产品的最大保留价格, b 为产品的替代程度, p_i 为产品 i 的销售价格, q_i 为产品 i 的需求量.由于消费者对产品的认知不同,产品市场存在不确定性因素,将这种不确定因素用正态分布随机变量 e 表示,均值为零,方差为 v .方差 v 刻画了市场风险波动情况,零售商和制造商具有这一先验分布知识.因为零售商对信息获取和分析的差异性,零售商对产品波动因素的预测存在误差,在预测误差项中引入 \sqrt{v} 因子,则零售商根据所掌握信息的预测为

$$f_i = a + \sqrt{v}\varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \sim N(0, s), \quad i = 1, 2. \quad (5)$$

随机变量 ε_i 为零售商 i 对市场预测的误差, 满足均值为零, 方差为 s 的正态分布. 由文献 [20-21] 可得到

$$a_i = E(a|f_i) = 1 - t + tf_i,$$

其中 $t = 1/(1 + s)$ 为零售商预测能力系数. 假设两个零售商的信息随机变量是独立的, 有

$$E(f_j|f_i) = 1 + t(f_i - 1), \quad E(f_i - 1)^2 = v(s + 1) = v/t.$$

1.1 一体化竞争供应链模型

当两条竞争供应链都采用一体化的纵向控制结构时, 供应链的预期利润和决策为

$$\max_{p_i} E(T_i|f_i) = p_i E(q_i|f_i). \quad (6)$$

令

$$p_{1cc} = A_{cc} + B_{cc}(f_1 - 1), \quad (7)$$

$$p_{2cc} = C_{cc} + D_{cc}(f_2 - 1), \quad (8)$$

其中: A_{cc} 、 C_{cc} 为一体化结构下时产品价格的确部分, B_{cc} 、 D_{cc} 为产品价格随机部分的系数. 根据逆向归纳, 得到一体化结构下竞争均衡为

$$A_{cc} = C_{cc} = (b + \mu - 1)/(b + 2\mu - 2), \quad (9)$$

$$B_{cc} = D_{cc} = t(b + \mu - 1)/(bt + 2\mu - 2), \quad (10)$$

从而得到供应链和制造商的最优绩效为

$$ET_{icc} = EM_{icc} = \frac{(1 - \mu)(b + \mu - 1)[tv(b + 2\mu - 2)^2 + (bt + 2\mu - 2)^2]}{(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2(b + 2\mu - 2)^2}. \quad (11)$$

1.2 分散化竞争供应链模型

当两条竞争供应链都采用分散化的纵向控制结构时, 零售商的预期利润函数和决策为

$$\max_{p_i} E(R_i|f_i) = (p_i - w_i)E(q_i|f_i), \quad (12)$$

制造商的利润函数和决策为

$$\max_{w_i} E(M_i) = w_i E(q_i). \quad (13)$$

令

$$p_{1dd} = A_{dd} + B_{dd}(f_1 - 1), \quad (14)$$

$$p_{2dd} = C_{dd} + D_{dd}(f_2 - 1). \quad (15)$$

其中: A_{dd} 、 C_{dd} 为分散结构下时产品价格的确部分, B_{dd} 、 D_{dd} 为产品价格随机部分的系数. 根据逆向归纳, 得到分散化结构下竞争均衡为

$$A_{dd} = C_{dd} = 3(b + \mu - 1)/(3b + 4\mu - 4), \quad (16)$$

$$B_{dd} = D_{dd} = t(b + \mu - 1)/(bt + 2\mu - 2). \quad (17)$$

从而得到零售商、制造商、供应链的最优绩效分别为

$$ER_{idd} = \frac{(1 - \mu)(b + \mu - 1)[tv(3b + 4\mu - 4)^2 + (bt + 2\mu - 2)^2]}{(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2(3b + 4\mu - 4)^2}, \quad (18)$$

$$EM_{idd} = \frac{(1 - \mu)(b + \mu - 1)}{(\mu - 1 - b)(3b + 4\mu - 4)^2}, \quad (19)$$

$$ET_{idd} = (1 - \mu)(b + \mu - 1)[tv(3b + 4\mu - 4)^2 + 3(bt + 2\mu - 2)^2]/[(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2(3b + 4\mu - 4)^2]. \quad (20)$$

1.3 一体化与分散化混合竞争供应链模型

两条竞争供应链的第 1 条链实行一体化结构, 第 2 条链实行分散化结构时, 第 1 条链的预期利润和决策为

$$\max_{p_1} E(T_1|f_1) = p_1 E(q_1|f_1), \quad (21)$$

第 2 条链上零售商的预期利润及决策为

$$\max_{p_2} E(R_2|f_2) = (p_2 - w_2)E(q_2|f_2), \quad (22)$$

第 2 条链上制造商的利润及决策为

$$\max_{w_2} E(M_2) = w_2 E(q_2). \quad (23)$$

令

$$p_{1cd} = A_{cd} + B_{cd}(f_1 - 1), \quad (24)$$

$$p_{2cd} = C_{cd} + D_{cd}(f_2 - 1). \quad (25)$$

其中: A_{cd} 、 C_{cd} 为混合化结构下时产品价格的确部分, B_{cd} 、 D_{cd} 为产品价格随机部分的系数. 根据逆向归纳, 得到混合化结构下竞争均衡为

$$A_{cd} = C_{cd} = (\mu b - 8\mu + 4\mu^2 - b + 4 - 3b^2)/(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8), \quad (26)$$

$$B_{cd} = D_{cd} = t(b + \mu - 1)/(bt + 2\mu - 2). \quad (27)$$

求解两条链的相应最优结果为

$$ET_{1cd} = EM_{1cd} = (1 - \mu)(b + \mu - 1)[tv(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2 + (bt + 2\mu - 2)^2(3b + 4\mu - 4)^2]/[(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2], \quad (28)$$

$$ER_{2cd} = (1 - \mu)(b + \mu - 1)[tv(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2 + (bt + 2\mu - 2)^2(b - 2\mu + 2)^2]/[(\mu - 1 - b)\mu(bt + 2 - 2)^2(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2], \quad (29)$$

$$EM_{2cd} = 2(1 - \mu)(b + \mu - 1)(2\mu - 2 - b)^2/[(\mu - 1 - b)(3b + 4\mu - 4)^2(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2], \quad (30)$$

$$ET_{2cd} = (1 - \mu)(b + \mu - 1)[tv(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2 + 3(bt + 2\mu - 2)^2(b - 2\mu + 2)^2]/[(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2]. \quad (31)$$

令 $b_0 = (1 - \mu)$, 为了使以上 3 种情况的最优决策存在和具有实际意义, 依赖于网络外部性强度系数的

竞争强度 b 需满足 $0 < b < b_0$.

2 基于制造商绩效的比较分析

2.1 两条链的制造商实行相同的纵向控制结构

令 v_1 为 $EM_{icc} = EM_{idd}$ 时的边界值, 且有

$$v_1 = -7(b - 0.7388(1 - \mu))(b - 1.5469(1 - \mu))(bt + 2\mu - 2)^2 / [t(b + 2\mu - 2)^2(3b + 4\mu - 4)^2]. \quad (32)$$

引理 1 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.7388(1 - \mu)$ 时, $v_1 < 0$ 且 $\partial v_1 / \partial t > 0$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.7388(1 - \mu) < b < b_0$ 时, $v_1 > 0$ 且 $\partial v_1 / \partial t < 0$.

命题 1 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.7388(1 - \mu)$, $v > 0$ 或者 $0 < \mu < 1, 0.7388(1 - \mu) < b < b_0, v > v_1$ 时, 有 $EM_{icc} > EM_{idd}$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.7388(1 - \mu) < b < b_0, v < v_1$ 时, 有 $EM_{icc} < EM_{idd}$.

证明 由式 (11) 和 (19) 比较一体化与分散化控制结构下的制造商绩效, 得到

$$EM_{icc} - EM_{idd} = \frac{t(1 - \mu)(b + \mu - 1)(v - v_1)}{(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2}.$$

根据引理 1, 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < (1 - \mu)$ 时, 有 $(1 - \mu) > 0, (b + \mu - 1) < 0, (\mu - 1 - b) < 0$ 成立. 如果 $v > v_1$, 则 $(v - v_1) > 0$, 从而 $EM_{icc} > EM_{idd}$; 如果 $v < v_1$, 则 $(v - v_1) < 0$, 从而 $EM_{icc} < EM_{idd}$. \square

命题 1 的结论 1) 表明, 对于具有网络外部性特征的产品, 网络外部性强度系数较弱地影响产品的竞争强度, 当市场存在风险或者产品的竞争强度介于 $(0.7388(1 - \mu), b_0)$, 风险 v 高于由网络外部性强度系数、竞争强度 b 和预测能力系数 t 所构成的风险边界 v_1 时, 由于市场上风险的较高补偿使竞争供应链的一体化结构下的制造商的绩效高于分散化结构下的制造商的绩效. 结论 2) 表明, 对于具有网络外部性特征的产品, 当产品的竞争强度介于 $(0.7388(1 - \mu), b_0)$, 市场的风险 v 低于由网络外部性强度系数、竞争强度 b 和预测能力系数 t 所构成的风险边界 v_1 时, 市场上的风险补偿不高, 相对于结论 1) 而言, 较剧烈的竞争弱化了纵向加价行为, 使竞争供应链一体化结构下制造商的绩效低于分散化结构下的制造商的绩效.

2.2 竞争对手制造商实行分散化纵向控制结构

令 v_2 为 $EM_{1cd} = EM_{1dd}$ 时的边界值, 且有

$$v_2 = -63(b - 0.9925(1 - \mu))(b - 1.4362(1 - \mu))(b + 0.9925(1 - \mu))(b + 1.4362(1 - \mu))(bt + 2\mu - 2)^2 / [t(b + 2\mu - 2)^2(3b + 4\mu - 4)^2]. \quad (33)$$

引理 2 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.9925(1 - \mu)$ 时, $v_2 < 0$ 且 $\partial v_2 / \partial t > 0$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.9925(1 - \mu) < b < b_0$ 时, $v_2 > 0$ 且 $\partial v_2 / \partial t < 0$.

命题 2 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.9925(1 - \mu)$, $v > 0$ 或者 $0 < \mu < 1, 0.9925(1 - \mu) < b < b_0, v > v_2$ 时, 有 $EM_{1cd} > EM_{1dd}$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.9925(1 - \mu) < b < b_0, v < v_2$ 时, 有 $EM_{1cd} < EM_{1dd}$.

证明 由式 (19) 和 (28), 当竞争对手制造商实行分散化结构时, 比较本制造商在一体化与分散化结构的绩效, 得到

$$EM_{1cd} - EM_{1dd} = \frac{t(1 - \mu)(b + \mu - 1)(v - v_2)}{(\mu - 1 - b)(bt + 2\mu - 2)^2}.$$

根据引理 2, 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < (1 - \mu)$ 时, 有 $(1 - \mu) > 0, (b + \mu - 1) < 0, (\mu - 1 - b) < 0$ 成立. 如果 $v > v_2$, 则 $(v - v_2) > 0$, 从而 $EM_{1cd} > EM_{1dd}$; 如果 $v < v_2$, 则 $(v - v_2) < 0$, 从而 $EM_{1cd} < EM_{1dd}$. \square

命题 2 的结论 1) 表明, 对于具有网络外部性特征的产品, 网络外部性强度系数较强地影响产品的竞争强度, 当市场存在风险或者产品的竞争强度介于 $(0.9925(1 - \mu), b_0)$, 风险 v 高于由网络外部性强度系数、竞争强度 b 和预测能力系数 t 所构成的风险边界 v_2 时, 对手制造商实行分散化纵向结构时本制造商的最优决策是实行一体化的控制结构. 结论 2) 表明, 对于具有网络外部性特征的产品, 当产品的竞争强度介于 $(0.9925(1 - \mu), b_0)$, 市场的风险 v 低于由网络外部性强度系数、竞争强度 b 和预测能力系数 t 所构成的风险边界 v_2 时, 制造商采取分散化结构的绩效要优于一体化结构下的绩效.

2.3 竞争对手制造商实行一体纵向控制结构

令 $EM_{2cc} = EM_{2cd}$, 得到

$$v_3 = -7(b - 1.2156(1 - \mu))(b - 1.7589(1 - \mu))(b + 1.2156(1 - \mu))(b + 1.7589(1 - \mu))(bt + 2\mu - 2)^2 / [t(b + 2\mu - 2)^2(3b^2 + 16\mu - 8\mu^2 - 8)^2]. \quad (34)$$

引理 3 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < b_0$ 时, $v_3 < 0$ 且 $\partial v_3 / \partial t > 0$.

命题 3 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < b_0, v > 0$ 时, 有 $EM_{2cc} > EM_{2cd}$.

证明 由式 (11) 和 (30), 当竞争对手制造商实行一体化结构时, 对比本制造商在一体化与分散化结构的绩效, 得到

$$EM_{2cc} - EM_{2cd} = \frac{t(1 - \mu)(b + \mu - 1)(v - v_3)}{(\mu - 1 - b)(2\mu - 2 + bt)^2}.$$

根据引理 3, 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < b_0, v > 0$ 时, 有 $(1 - \mu) > 0, (b + \mu - 1) < 0, (\mu - 1 - b) < 0, (v - v_3) >$

0, 从而 $EM_{2cc} > EM_{2cd}$. \square

命题 3 表明, 对于具有网络外部性特征的产品, 当产品的竞争强度介于 $(0, b_0)$ 范围, 市场存在风险时, 对手制造商实行一体化纵向结构时本制造商的最优决策是实行一体化的控制结构.

由以上 3 种情况, 比较 v_1, v_2, v_3 , 可得到

$$v_1 - v_2 = -12b(1 - \mu)(b - 1.8081(1 - \mu))(b + 1.4748(1 - \mu))(2\mu - 2 + bt)^2 / [t(b + 2\mu - 2)^2(3b^2 + 16\mu - 8\mu^2 - 8)^2], \quad (35)$$

$$v_1 - v_3 = -24b(1 - \mu)(b + 1.8081(1 - \mu))(b - 1.4748(1 - \mu))(2\mu - 2 + bt)^2 / [t(3b + 4\mu - 4)^2(3b^2 + 16\mu - 8\mu^2 - 8)^2]. \quad (36)$$

引理 4 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < b_0$ 时, $v_1 > v_2, v_1 > v_3, v_3 < 0$.

由命题 1~命题 3 和引理 4, 可得到基于制造商的供应链控制结构演化过程.

命题 4 1) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0 < b < b_0, v > \max\{0, v_1\}$ 时, 控制结构的演化过程为 $dd \rightarrow cd/dc \rightarrow cc$, 最终的均衡控制结构为 cc , 并且 cc 为占优的均衡控制结构;

2) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0.7388(1 - \mu) < b < 0.9925(1 - \mu), 0 < v < v_1$ 时, 或者当 $0.9925(1 - \mu) < b < b_0, v_2 < v < v_1$ 时, 控制结构的演化过程为 $dd \rightarrow cd/dc \rightarrow cc$, 最终的均衡控制结构为 cc , cc 结构为囚徒困境;

3) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0.9925(1 - \mu) < b < b_0, 0 < v < v_2$ 时, 控制结构的演化过程为 $cd/dc \rightarrow dd$ 或者 $cd/dc \rightarrow cc$, dd 结构可实现制造商绩效的改进.

命题 4 表明: 对于具有网络外部性的产品, 产品的竞争强度边界依赖于网络外部性强度系数, 市场的波动风险边界依赖于产品的竞争强度、网络外部性强度系数和预测能力系数. 当产品的竞争强度介于 $(0, b_0)$ 范围, 市场的风险 v 高于 $\max\{0, v_1\}$ 时, 制造商选择的均衡结构为一体化结构; 当产品的竞争强度介于 $(0.7388(1 - \mu), 0.9925(1 - \mu))$, 市场的风险 v 低于 v_1 , 或产品的竞争强度介于 $(0.9925(1 - \mu), b_0)$, 市场的风险 v 介于 (v_2, v_1) 时, 制造商选择的均衡结构为囚徒困境的一体化结构; 当产品的竞争强度介于 $(0.9925(1 - \mu), b_0)$, 市场的风险 v 低于 v_2 时, 制造商选择均衡结构为囚徒困境的一体化结构或者 Pareto 改进的分散化结构.

网络外部性的存在会影响消费者购买决策, 进而影响到市场的需求风险; 在网络外部性下, 供应链竞争的强度也会受到网络外部性的影响. 结合图 1, 竞争强度介于 $(0, b_0)$, 即在图形中的区域 A、B、C, 制造商在控制结构的选择上既要考虑市场风险的影响又

要考虑竞争强度的影响. 如果市场风险较高, 则风险的补偿作用更加明显, 一体化成为 Pareto 改进的均衡; 在区域 B、C 中, 市场风险较低时, 网络外部性所影响的竞争强度在制造商均衡选择上起重要作用, 竞争在一定程度上弱化了双重加价行为, 从而使一体化结构成为有损制造商绩效的均衡机制; 在区域 C 中, 市场波动风险更低, 竞争强度对均衡结构的选择作用更为突出, 使得出现囚徒困境的一体化结构或者 Pareto 改进的分散化结构两种均衡结构.

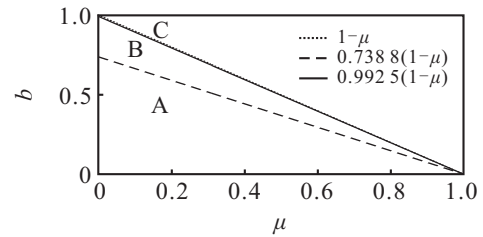


图 1 基于制造商绩效的均衡结构

3 基于供应链绩效的比较分析

3.1 两条链都实行一体化或分散化纵向控制结构

由式 (11) 和 (20), 比较一体化与分散化控制结构下的供应链绩效, 得到

$$ET_{icc} - ET_{idd} = 6(b - 0.4426(1 - \mu))(b - 1.5774(1 - \mu))(1 - \mu) / [(\mu + b - 1)(\mu - 1 - b)(b + 2\mu - 2)^2(3b + 4\mu - 4)^2]. \quad (37)$$

命题 5 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.4426(1 - \mu)$ 时, 有 $ET_{icc} > ET_{idd}$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.4426(1 - \mu) < b < b_0$ 时, 有 $ET_{icc} < ET_{idd}$.

命题 5 表明: 对于具有网络外部性特征的产品, 网络外部性强度系数很弱地影响产品的竞争强度时, 一体化结构下供应链的绩效高于分散化结构下供应链的绩效; 当产品的竞争强度介于 $(0.4426(1 - \mu), b_0)$ 时, 相对于结论 1) 而言, 较剧烈的竞争弱化了纵向加价行为, 使竞争供应链的一体化结构下的供应链的绩效低于分散化结构下的供应链的绩效.

3.2 竞争对手实行分散化纵向控制结构

由式 (20) 和 (28), 当竞争对手供应链实行分散化结构时, 比较本供应链在一体化与分散化结构的绩效, 得到

$$ET_{1cd} - ET_{1dd} = 54(b - 0.7507(1 - \mu))(b - 1.4502(1 - \mu))(b + 0.7507(1 - \mu))(b + 1.4502(1 - \mu))(1 - \mu)(\mu + b - 1) / [(\mu - 1 - b)(b + 2\mu - 2)^2(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2]. \quad (38)$$

命题6 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.7507(1 - \mu)$ 时, 有 $ET_{1cd} > ET_{1dd}$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.7507(1 - \mu) < b < b_0$ 时, 有 $ET_{1cd} < ET_{1dd}$.

命题6表明: 对于具有网络外部性特征的产品, 当网络外部性强度系数较弱地影响产品的竞争强度时, 对手供应链实行分散化纵向结构, 本条供应链的最优决策是实行一体化的控制结构; 当产品的竞争强度介于 $(0.7507(1 - \mu), b_0)$ 时, 竞争对手供应链实行分散化纵向结构, 本条供应链实行分散化结构的系统绩效大于一体化结构的系统绩效, 本条供应链的最优决策是实行分散化的控制结构。

3.3 竞争对手实行一体化纵向控制结构

由式(11)和(31), 当竞争对手供应链实行一体化结构时, 对比本供应链在一体化与分散化结构的绩效, 得到

$$ET_{2cc} - ET_{2cd} = 6(b - 0.9194(1 - \mu))(b - 1.7761(1 - \mu))(b + 0.9194(1 - \mu))(b + 1.7761(1 - \mu))(1 - \mu)(\mu + b - 1) / [(1 - b)(b + 2\mu - 2)^2(-3b^2 - 16\mu + 8\mu^2 + 8)^2]. \quad (39)$$

命题7 1) 当 $0 < \mu < 1, 0 < b < 0.9194(1 - \mu)$ 时, 有 $ET_{2cc} > ET_{2cd}$;

2) 当 $0 < \mu < 1, 0.9194(1 - \mu) < b < b_0$ 时, 有 $ET_{2cc} < ET_{2cd}$.

命题7表明: 对于具有网络外部性特征的产品, 当产品的竞争强度介于 $(0, 0.9194(1 - \mu))$ 时, 对手供应链实行一体化纵向结构, 本条供应链的最优决策是实行一体化的控制结构; 当产品的竞争强度介于 $(0.9194(1 - \mu), b_0)$ 时, 竞争对手供应链实行一体化纵向结构, 本条供应链实行分散化结构的系统绩效大于一体化结构的系统绩效, 本条供应链的最优决策是实行分散化的控制结构。

由以上命题可得到, 基于供应链系统绩效的供应链控制结构演化过程。

命题8 1) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0 < b < 0.4426(1 - \mu)$ 时, 供应链控制结构的演化过程为 $dd \rightarrow cd/dc \rightarrow cc$, 最终的均衡控制结构为 cc , cc 为占优的均衡控制结构;

2) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0.4426(1 - \mu) < b < 0.7507(1 - \mu)$ 时, 供应链控制结构的演化过程为 $dd \rightarrow cd/dc \rightarrow cc$, 最终的均衡控制结构为 cc , cc 为囚徒困境;

3) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0.7507(1 - \mu) < b < 0.9194(1 - \mu)$ 时, 供应链控制结构的演化过程为 $cd/dc \rightarrow cc$ 或 $cd/dc \rightarrow dd$, cc 为囚徒困境, dd 为 Pareto 改进;

4) 对于 $0 < \mu < 1$, 当 $0.9194(1 - \mu) < b < b_0$ 时,

供应链控制结构的演化过程为 $cc \rightarrow cd/dc \rightarrow dd$, 最终的均衡控制结构为占优的 dd 。

图2为基于供应链绩效的均衡结构。命题8和图2表明, 供应链系统的控制结构不会受到市场风险的影响, 只与产品的网络外部性强度和竞争强度有关, 网络外部性强度系数又会影响到竞争强度的边界。当产品具有网络外部性, 产品的竞争强度受网络外部性影响很弱时(图2中的区域E), 一体化的均衡结构可以实现 Pareto 改进; 当产品的竞争强度受网络外部性影响较弱时(图2中的区域F), 一体化的均衡结构为绩效降低的囚徒困境; 当产品的竞争强度受网络外部性影响较强时(图2中的区域G), 不同的供应链选择路径导致不同的均衡结果, 一体化的均衡结构为绩效降低的囚徒困境, 分散化的均衡结构可以实现 Pareto 改进; 当产品的竞争强度受网络外部性影响进一步增强时(图2中的区域H), 最终形成分散化的均衡结构。

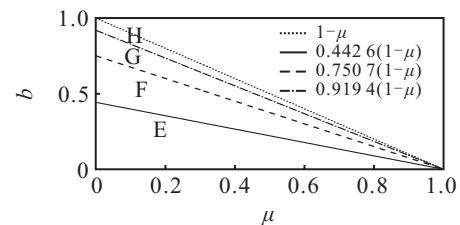


图2 基于供应链绩效的均衡结构

4 结论

本文在产品具有网络外部性、外在市场存在风险的环境下, 从制造商和供应链角度对竞争供应链的纵向结构选择进行了分析, 主要揭示网络外部性强度系数、竞争强度、市场风险、风险信息预测能力系数对供应链结构选择的影响, 得到以下结论:

1) 从制造商的角度出发, 产品的竞争强度依赖于网络外部性强度系数, 市场的波动风险又依赖于产品的竞争强度、网络外部性强度系数和预测能力系数。风险相对较高时, 一体化结构的优越性十分明显; 随着风险的降低, 竞争强度对纵向均衡结构选择的作用越来越明显, 一体化结构逐渐失去优势, 分散化结构却有利于制造商绩效的改进。

2) 从供应链的角度出发, 供应链的控制结构选择与市场风险和风险信息预测能力无关, 仅与网络外部性强度和竞争强度有关, 同时产品的竞争强度依赖于网络外部性强度系数。竞争强度很弱地依赖于网络外部性强度系数, 一体化结构为绩效占优的均衡结构, 竞争强度较强地依赖于网络外部性强度系数, 分散化结构为绩效占优的均衡结构。

本文拓展了对网络外部性产品的供应链纵向控制的研究, 但是没有考虑供应链中有关的成本、消费者效用等, 这些需要进一步研究。

参考文献(References)

- [1] Boyacil T, Gallego G. Supply chain coordination in a market with customer service competition[J]. *Production and Operation Management*, 2004, 13(1): 3-22.
- [2] Katz M, Carl S. Systems competition and network effects[J]. *J of Economic Perspectives*, 1994, 8(2): 93-115.
- [3] 孙武军, 陈宏民, 陈梅. 基于网络外部性的市场结构动态演化分析[J]. *管理科学*, 2006, 19(1): 66-71.
(Sun W J, Chen H M, Chen M. Analysis of dynamical evolution of market structure based on net work externality[J]. *Management Sciences in China*, 2006, 19(1): 66-71.)
- [4] Barney J B. Firm recourses and sustainable competitive advantage[J]. *J of Management*, 1991, 17(1): 99-120.
- [5] Hajji A, Pellerin R, Leger P M. Dynamic pricing models for ERP systems under network externality[J]. *Int J of Production Economics*, 2012, 135(2): 708-715.
- [6] Bayer R C, Chan M. Network externalities, demand inertia and dynamic pricing in an experimental oligopoly market[J]. *Economic Record*, 2007, 83(263): 405-415.
- [7] 潘小军, 陈宏民, 胥莉. 基于网络外部性的固定与比例抽成技术许可[J]. *管理科学学报*, 2008, 11(6): 11-17.
(Pan X J, Chen H M, Xu L. Fee versus royly technology licensing with netwok externality[J]. *J of Management Sciences in China*, 2008, 11(6): 11-17.)
- [8] 易余胤, 张显玲. 网络外部性下零售商市场策略演化博弈分析[J]. *系统工程理论与实践*, 2015, 35(9): 2251-2261.
(Yi Y Y, Zhang X L. Evolutionary game analysis of market strategy of retailers under network externality[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2015, 35(9): 2251-2261.)
- [9] 刁新军, 杨德礼, 任雅威. 具有网络外部性的产品纵向差异化策略[J]. *预测*, 2009, 28(6): 37-42.
(Diao X J, Yang D L, Ren Y W. Vertical differentiation strategy of products with network externality[J]. *Forecasting*, 2009, 28(6): 37-42.)
- [10] 赵良杰, 武邦涛, 陈忠, 等. 感知质量差异对网络外部性市场结构演化的影响[J]. *系统工程理论与实践*, 2011, 31(1): 84-91.
(Zhao L J, Wu B T, Chen Z, et al. Influence of heterogeneity in perceived quality on the evolution of market structure with network externalities[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2011, 31(1): 84-91.)
- [11] Georgia Perakis, Wei Sun. Price of anarchy for supply chains with partial positive externalities[J]. *Operations Research Letters*, 2012, 40(2): 78-83.
- [12] Mcguire T W, Staelin R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration[J]. *Marketing Science*, 1983, 2(2): 161-191.
- [13] Coughlan A T. Competition and cooperation in marketing channel choice: Theory and application[J]. *Marketing Science*, 1985, 4(2): 110-129.
- [14] Moorthy K S. Decentralization in channels[J]. *Marketing Science*, 1988, 7(7): 335-355.
- [15] 廖涛, 艾兴政, 唐小我. 链与链基于价格和服务竞争的纵向结构选择[J]. *控制与决策*, 2009, 24(10): 1540-1544.
(Liao T, Ai X Z, Tang X W. Vertical structure choice of chain-chain competition based on price and service[J]. *Control and Decision*, 2009, 24(10): 1540-1544.)
- [16] Arrow Kenneth J. Functions of a theory of behaviour under uncertainty[J]. *Metroeconomica*, 1959, 11(1): 12-20.
- [17] Choi T. Preseason stocking and pricing decisions for fashion retailers with multiple information updating[J]. *Int J of Production Economics*, 2007, 106(1): 146-170.
- [18] Wu D S, Baron O, Berman O. Bargaining in competing supply chains with uncertainty[J]. *European J of Operational Research*, 2009, 197(2): 548-556.
- [19] Wu C Q, Petruzzi N C, Chhajed D. Vertical integration with price-setting competitive newsvendors[J]. *Decision Sciences*, 2007, 38(4): 581-610.
- [20] 艾兴政, 唐小我, 涂智寿. 不确定性环境下链与链竞争的纵向控制结构绩效[J]. *系统工程学报*, 2008, 23(2): 188-193.
(Ai X Z, Tang X W, Tu Z S. Performance of vertical control structure of chain to chain competition under uncertainty[J]. *J of System Engineering*, 2008, 23(2): 188-193.)
- [21] 艾兴政, 马建华, 唐小我. 不确定环境下链与链竞争纵向联盟与收益共享[J]. *管理科学学报*, 2010, 13(7): 1-8.
(Ai X Z, Ma J H, Tang X W. Vertical alliances and revenue sharing of chain to chain competition under uncertainty[J]. *J of Management Sciences in China*, 2010, 13(7): 1-8.)
- [22] 赵海霞, 艾兴政, 马建华, 等. 需求不确定和纵向约束的链与链竞争固定加价[J]. *管理科学学报*, 2015, 18(1): 20-31.
(Zhao H X, Ai X Z, Ma J H, et al. Retailer's fixed markup of chain-to-chain competition under demand uncertainnty and vertical restraints[J]. *J of Management Sciences in China*, 2015, 18(1): 20-31.)