控制与决策
Control and Decision

制造商竞争下创新投资对零售商信息分享策略的影响

王桐远， 李进军， 李延来

引用本文:
王桐远, 李进军, 李延来. 制造商竞争下创新投资对零售商信息分享策略的影响[J]. 控制与决策, 2020, 35(12): 3006-3016.

在线阅读 View online: https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0377

制造商竞争下创新投资对零售商信息分享策略的影响

王桐远[1]，李进军[2]，李延来[1†]

(1. 西南交通大学 交通运输与物流学院，成都 611756；2. 四川旅游学院 经济管理学院，成都 610100)

摘 要: 研究在由两个竞争制造商和一个共同零售商组成的二级供应链中,制造商创新投资对零售商信息分享策略的影响. 首先构建3种信息分享策略(不分享、部分分享和均分享)下的博弈模型,并对比分析得出零售商最优信息分享策略及不同策略下制造商/供应链利润大小关系;然后,探讨竞争制造商创新投资效率不等和存在横向溢出效应情形下零售商的信息分享策略. 研究结果表明:当制造商投资效率相等时,若投资效率较低,则零售商没有动机分享预测信息;若竞争强度较小且投资效率较高,或者竞争强度较大且投资效率适中,则零售商总是倾向于均分享策略;若竞争强度较大且投资效率较高,则零售商选择部分分享策略. 当制造商投资效率不等时,零售商更愿意与投资效率较高的制造商分享信息. 此外,横向溢出效应更能激励零售商分享信息.

关键词: 信息分享；制造商竞争；创新投资；策略选择；溢出效应

中图分类号: F270　　**文献标志码:** A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2019.0377　　**开放科学(资源服务)标识码(OSID):**

引用格式: 王桐远,李进军,李延来. 制造商竞争下创新投资对零售商信息分享策略的影响[J]. 控制与决策, 2020, 35(12): 3006-3016.

Optimal information sharing strategy for retailer under competitive manufacturers' innovation investment

WANG Tong-yuan[1], *LI Jin-jun*[2], *LI Yan-lai*[1†]

(1. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China; 2. School of Economics and Management, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China)

Abstract: This paper investigates how manufacturers' innovation investment affect retailer's information sharing strategies in a two-echelon supply chain involving two competing manufacturers and a common retailer. Three information sharing models (i.e., no sharing, partial sharing and full sharing) are established, and the relationships of manufacturers' or the whole supply chain's profits under different strategies are obtained by comparative analysis. Then, we extend the basic model to examine how asymmetric investment efficiency and horizontal spillover impact retailer's information sharing strategies. The results show that when manufacturers' investment efficiencies are equal, if the investment efficiency is low, the retailer has no incentive to share information; if the competition between two manufacturers is less intense (intense) and the investment efficiency is high (moderate), the retailer always tends to adopt full sharing strategy; if the competition intensity is intense and the investment efficiency is high, the retailer prefers to choose partial sharing strategy. When the investment efficiency is asymmetric, the retailer is more inclined to share information with the manufacturer having higher investment efficiency. In addition, spillover effect always incentivizes the retailer to share information.

Keywords: information sharing; manufacturer competition; innovation investment; strategic choice; spillover effect

0 引 言

随着信息技术的飞速发展,消费者日常消费数据能够被企业快速获取并有效保存,继而通过大数据分析方法将其转化为市场需求信息并对企业决策作出指导. 零售商由于更接近消费者市场,有较大便利收集相关数据,其往往会对市场需求信息进行预测,如Wal-Mart和Vons[1]. 虽然零售商能有效地预测市场需求,但其是否愿意分享预测信息一直是学者研究的问题. 多数学者认为分享信息会增强纵向双重边际效应,因此,零售商或者不与其他成员分享预测信息[1],或者通过收取一定费用而与部分成员分享[2]. 另一方面,在市场竞争日趋激烈的环境下,低成

收稿日期: 2019-03-29；**修回日期:** 2019-07-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71872153)；四川省省属高校科研创新团队建设计划项目(18TD0044).

责任编委: 李勇建.

†通讯作者. E-mail: lyl_2001@163.com.

本往往可以成为企业竞争中的优势,为企业带来更多的市场份额和利润,而以降低生产成本为目的的创新投资是实现企业低成本战略的重要途经. 因此,许多企业持续进行成本控制和节约方面的投资[3],如Netland等[4]调查报告显示,许多汽车、电子、家电、玩具等行业的跨国企业都采用精益生产来降低产品的生产成本. 创新投资带来的成本降低有利于企业市场竞争力的提升和市场份额的增加,亦间接有利于零售商利润的增加. 于是,制造商创新投资是否会影响下游零售商的信息分享策略以及如何影响是值得深入研究的问题. 同时,在自由市场中多个制造商之间竞争现象较为普遍,基于此,本文研究制造商竞争下创新投资对零售商信息分享策略的影响. 由于成本降低的形式多种多样,本文中将创新投资定义为企业以达到产品单位生产成本降低为目的而进行的一系列生产、管理等投资活动,如精益管理、流程创新、技术创新等.

关于信息分享相关问题,众多学者从理论角度进行了研究. Li[5]研究了横向竞争下的信息分享问题,结果表明零售商总是不分享预测信息; 艾兴政等[6]研究了信息分享对双渠道供应链绩效的影响. 聂佳佳[7]分析了信息分享对制造商渠道结构选择的影响,发现当零售商预测精度较低时,制造商选择开通直销渠道,反之则不开通; Huang等[8]研究了供应商渠道侵蚀下的零售商信息分享模型,结果表明,一定条件下零售商有分享预测信息的动机. 在闭环供应链中,聂佳佳[9]研究了信息分享对旧产品回收模式的影响; Huang等[10]研究了供应商再制造和制造商再制造两种情形下零售商的分享策略,研究发现,信息分享总是有利于供应商和制造商,但零售商总是没有动机分享; 张盼[11]研究了在制造商负责回收的闭环供应链中,政府奖惩力度和制造商回收效率对零售商信息分享的影响. 在制造商竞争供应链中, Shang等[12]研究了非线性生产成本对零售商信息分享策略的影响,发现零售商存在信息分享的动机并给出了零售商信息分享的条件. 在链与链竞争供应链中, Wei等[13]研究了其信息分享问题,研究发现,信息分享总是有利于制造商,在某些条件下有利于零售商和整个供应链; Wu等[14]分析了存在多个供应商和两个竞争的零售商供应链中零售商的信息分享问题,发现零售商没有动机分享. 还有部分学者研究了信息分享下的利润分配问题[15-16]. 然而,以上研究均未分析制造商竞争和创新投资对零售商信息分享策略的影响.

关于创新投资方面的研究相对较少. Gupta等[17]分析了链与链竞争下创新投资对供应链渠道结构选择的影响; Yoon[18]研究了创新投资和渠道侵蚀对供应链成员利润的影响. Iida[19]研究了制造商与供应商合作创新投资激励机制; 李晓静等[20]研究了创新投资对制造商纵向整合策略(即前向一体化和后向一体化)的影响; 李宗活等[21]研究了零售商创新投资对制造商开通网络渠道的影响,并提出一个双重协调机制以改善供应链运作效率; 李凯等[22]比较了集中决策、供应商独立研发、供应商与零售商合作研发3种模式下的模型,结果表明,只有当研发成本较低时零售商才有动机分享信息; Hu等[23]对比了4种创新投资模式(即制造商单独投资、零售商单独投资、制造商和零售商共同投资、制造商和零售商分别投资)下的供应链成员模式选择问题. 然而,上述文献并未研究制造商竞争情形及其对零售商信息分享策略的影响.

综上所述,已有信息分享相关文献大多集中于研究是否分享的问题,也即零售商是否有动机分享信息,而较少关注分享策略(模式)选择问题. 然而,在现实企业经营中,往往存在多个竞争的决策主体,信息分享策略分析显得十分重要,如何正确选择对自身最有利的分享策略是零售商及其他供应链主体共同关注的问题. 有关信息分享策略的研究主要有文献[10]和文献[12]. 文献[10]研究了供应商再制造和制造商再制造两种情形下零售商的信息分享策略; 文献[12]研究了制造商竞争下非线性生产成本对零售商信息分享策略的影响.

与以上研究不同,本文考虑制造商创新投资、投资效率不等及横向溢出效应下零售商信息分享策略. 本文的创新点在于: 1) 在基础模型中考虑制造商竞争供应链中,创新投资对零售商最优信息分享策略的影响; 2) 分析零售商4种信息分享策略对制造商、供应链利润的大小关系的影响; 3) 对基础模型进行拓展,研究两个制造商投资效率不等以及投资存在溢出效应时,零售商信息分享策略的变化.

1 问题描述

在由两个竞争制造商(M_1和M_2)和一个共同零售商(R)组成的二级供应链中,研究制造商创新投资对零售商信息分享策略选择的影响. 其中,两个制造商均进行以降低生产成本为目的创新投资并生产可替代性产品,然后分别以批发价格w_1和w_2将产品销售给共同零售商,后者分别以零售价格p_1和p_2将产品销售给消费者. 零售商由于更接近消费者市场而对市场需求信息进行预测,并决策其分享策略. 在制

造商竞争情形下,零售商可以选择不与任何成员分享预测信息,或与其中一个制造商(M_1或者M_2)分享预测信息,或与两个制造商均分享预测信息. 相应的零售商存在以下3种信息分享策略:均不分享策略(NN)、部分分享策略(SN/NS)、均分享策略(SS). 其中:“S”表示分享信息,“N”表示不分享. 例如:SN表示零售商与制造商M_1分享信息而不与制造商M_2分享.

设制造商单位生产成本为c,制造商i创新投资后的单位产品生产成本为$c-x_i$. 根据文献[20]和文献[24]的研究,假设制造商i的投资总成本为$I_i=k_ix_i^2/2$. 其中:x_i为成本降低程度,是制造商i的决策变量;k_i为制造商i的投资成本系数,体现了制造商的创新投资效率,且其值越大,表明投资效率越低,为了保证模型最优解存在,需使得$k_i>1/(3-3\theta^2)$,也即投资效率不会太高[3,17,25]. 为了更好地研究信息分享策略的影响,在基础模型中假设两个制造商的创新投资效率相等(即$k_1=k_2$),而在后面的第4节和第5节将分别研究投资效率不等($k_1\neq k_2$)及存在横向投资溢出效应时零售商的信息分享策略.

借鉴文献[26]的研究,此处设制造商i生产的产品i的需求函数为

$$q_i=\frac{a}{\theta+1}-\frac{1}{1-\theta^2}p_i+\frac{\theta}{1-\theta^2}p_{3-i},\ i=1,2. \quad (1)$$

其中:a为市场潜在需求;p_i为产品i的零售价格;θ为竞争强度,其值越大,表明制造商之间竞争越激烈. 此外,$\mathrm{E}(\pi_X^Y)$表示供应链成员X在信息分享策略Y下的期望利润,$X=\{M_1,M_2,R,\mathrm{SC}\}$,$Y=\{\mathrm{NN},\mathrm{SN},\mathrm{NS},\mathrm{SS}\}$.

根据文献[6]的研究,本文假设市场潜在需求a具有随机性,即$a=a_0+\varsigma$. 其中:a_0为市场需求中的确定部分;ς表示其不确定部分,且ς的期望为0,方差为μ. 同时,零售商对市场需求的预测为$f=a+\varepsilon$. ε的期望为0,方差为ν. 变量ς与ε相互独立. 因此,可得市场需求信息结构[7,9]为

$$\mathrm{E}(a|f)=\frac{\nu}{\mu+\nu}a_0+\frac{\mu}{\mu+\nu}f\equiv A, \quad (2)$$

$$\mathrm{E}[(f-a_0)^2]=\mu+\nu. \quad (3)$$

令$t=\mu/(\mu+\nu)$表示零售商预测信息准确度,则有$t\in(0,1)$,其值越大,表明市场需求信息预测越准确. 同时,由于技术及所用方法的稳定性,假设零售商的市场需求预测准确度较高且稳定在一定范围内.

2 模型构建与求解

本节将构建不同信息分享策略下的供应链决策模型,并运用逆向求解法求解得到各成员最优期望利润. 此时,供应链成员的决策顺序为:首先,零售商选择信息分享策略;其次,两个制造商同时决策各自批发价格w_i和成本节约程度x_i;最后,零售商决策两种产品的零售价格p_1和p_2.

2.1 均不分享策略——NN

当零售商选择不与制造商分享预测信息时,供应链成员预期利润决策模型为

$$\begin{cases}\max\limits_{w_1,x_1}\mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NN}})=\mathrm{E}((w_1-c+x_1)q_1-kx_1^2/2),\\ \max\limits_{w_2,x_2}\mathrm{E}(\pi_{M_2}^{\mathrm{NN}})=\mathrm{E}((w_2-c+x_2)q_2-kx_2^2/2),\\ \max\limits_{p_1,p_2}\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}}|f)=\mathrm{E}((p_1-w_1)q_1+(p_2-w_2)q_2|f).\end{cases} \quad (4)$$

在信息均不分享策略下,两个制造商均根据市场信息进行决策. 对零售商求解最优零售价格可得$p_i^{\mathrm{NN}}=(A+w_i)/2$. 而两个制造商对零售商零售价格的预期为$\mathrm{E}(p_i^{\mathrm{NN}})=(a_0+w_i)/2$. 因此,制造商最优批发价格和成本降低程度决策分别为$w_i^{\mathrm{NN}}=[(-k\theta^3+2k\theta^2+2k\theta-2k-\theta+1)a_0+2k(\theta^2-1)c+(2k\theta^2-2k+1)\theta w_{3-i}]/(4k\theta^2-4k+1)$,$x_i^{\mathrm{NN}}=[(\theta-1)a_0-\theta w_{3-i}+c]/(4k\theta^2-4k+1)$. 从而可以求得信息不分享时供应链成员的最优决策变量,如引理1所示.

引理1 在零售商信息均不分享策略下,存在最优解

$$\begin{cases}w_1^{\mathrm{NN}*}=w_2^{\mathrm{NN}*}=\dfrac{(2k\theta^2-2k+1)a_0+2ck(\theta+1)}{2k\theta^2-2k\theta-4k+1},\\ p_1^{\mathrm{NN}*}=p_2^{\mathrm{NN}*}=\dfrac{(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)A}{2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)}+\\ \qquad\dfrac{(2k\theta^2-2k+1)a_0-2ck(\theta+1)}{2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)},\\ x_1^{\mathrm{NN}*}=x_2^{\mathrm{NN}*}=\dfrac{c-a_0}{2k\theta^2-2k\theta-4k+1}.\end{cases} \quad (5)$$

将式(5)所求最优解代入预期利润决策模型(4),可得零售商信息不分享策略下供应链成员最优期望利润. 所有模型最优期望利润见附录A,命题证明见附录B.

2.2 部分分享策略——SN/NS

当零售商与制造商M_1分享预测信息时,供应链各成员预期利润决策模型为

$$\begin{cases}\max\limits_{w_1,x_1}\mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SN}}|f)=\mathrm{E}((w_1-c+x_1)q_1-kx_1^2/2|f),\\ \max\limits_{w_2,x_2}\mathrm{E}(\pi_{M_2}^{\mathrm{SN}})=\mathrm{E}((w_2-c+x_2)q_2-kx_2^2/2),\\ \max\limits_{p_1,p_2}\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}}|f)=\mathrm{E}((p_1-w_1)q_1+(p_2-w_2)q_2|f).\end{cases} \quad (6)$$

在零售商选择与制造商 M_1 分享信息的策略下,制造商 M_1 根据零售商预测信息进行决策,制造商 M_2 根据市场信息进行决策. 对零售商求解最优零售价格,可得 $p_i^{\mathrm{SN}} = (A + w_i)/2$. 于是,两个制造商对零售商的零售价格预期分别为 $\mathrm{E}(p_1^{\mathrm{SN}}) = (A + w_1)/2, \mathrm{E}(p_2^{\mathrm{SN}}) = (a_0 + w_2)/2$. 因此,制造商的最优批发价格和成本降低程度决策分别为 $w_1^{\mathrm{SN}} = [(-k\theta^3 + 2k\theta^2 + 2k\theta - 2k - \theta + 1)A + 2k(\theta^2 - 1)c + (2k\theta^2 - 2k+1)\theta w_2]/(4k\theta^2-4k+1), x_1^{\mathrm{SN}} = [(\theta-1)A-\theta w_2 + c]/(4k\theta^2-4k+1); w_2^{\mathrm{SN}} = [(-k\theta^3+2k\theta^2+2k\theta-2k-\theta+1)a_0+2k(\theta^2-1)c+(2k\theta^2-2k+1)\theta w_1]/(4k\theta^2-4k+1), x_2^{\mathrm{SN}} = [(\theta-1)a_0-\theta w_1+c]/(4k\theta^2-4k+1)$. 继而可以求得信息部分分享策略(与制造商 M_1 分享,策略SN)下供应链成员的最优决策变量,如引理2所示.

引理2 在信息部分分享策略(与制造商 M_1 分享,策略SN)下,存在最优解

$$\begin{cases} {w_1}^{\mathrm{SN}*} = \dfrac{(2k\theta^2-2k+1)(4k\theta^2-4k+1)A+(2k\theta^2-2k+1)^2\theta a_0-2ck(\theta+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}{(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}, \\ {w_2}^{\mathrm{SN}*} = \dfrac{(2k\theta^2-2k+1)(4k\theta^2-4k+1)a_0+(2k\theta^2-2k+1)^2\theta A-2ck(\theta+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}{(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}; \\ {p_1}^{\mathrm{SN}*} = \dfrac{[2k\theta^2-2k+(\theta+1)(2\theta^2+3\theta-7)k+\theta+2]A-2ck(\theta+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}{2(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}, \\ {p_2}^{\mathrm{SN}*} = \dfrac{(2k\theta^2-2k+1)^2\theta A+(2k\theta^2-2k+1)(4k\theta^2-4k+1)a_0-2ck(\theta+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}{2(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}; \\ {x_1}^{\mathrm{SN}*} = \dfrac{(-4k\theta^2+4k-1)A+(-2k\theta^2+2k-1)\theta a_0+c(\theta+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}{(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}, \\ {x_2}^{\mathrm{SN}*} = \dfrac{(-4k\theta^2+4k-1)a_0+(-2k\theta^2+2k-1)\theta A+c(\theta+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}{(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)}. \end{cases} \tag{7}$$

零售商与制造商 M_2 分享预测信息时的最优解与式(7)对称,此处不再列出. 将式(7)所求最优解代入预期利润决策模型(6),可得零售商信息部分分享策略下供应链成员最优期望利润.

2.3 均分享策略——SS

当零售商与两个制造商均分享需求预测信息时,供应链成员预期利润决策模型为

$$\begin{cases} \max\limits_{w_1,x_1} \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SS}}|f) = \mathrm{E}((w_1-c+x_1)q_1-kx_1^2/2|f), \\ \max\limits_{w_2,x_2} \mathrm{E}(\pi_{M_2}^{\mathrm{SS}}|f) = \mathrm{E}((w_2-c+x_2)q_2-kx_2^2/2|f), \\ \max\limits_{p_1,p_2} \mathrm{E}(\pi_{R}^{\mathrm{SS}}|f) = \mathrm{E}((p_1-w_1)q_1+(p_2-w_2)q_2|f). \end{cases} \tag{8}$$

在零售商选择信息均分享策略下,两个制造商均根据零售商预测信息进行决策. 对零售商求解最优零售价格,可得 $p_i^{\mathrm{SS}} = (A + w_i)/2$. 而制造商对零售商零售价格的预期为 $\mathrm{E}(p_i^{\mathrm{SS}}) = (A + w_1)/2$. 因此,制造商最优批发价格和成本节约程度决策分别为 $w_i^{\mathrm{SS}} = [(-k\theta^3+2k\theta^2+2k\theta-2k-\theta+1)A+2k(\theta^2-1)c+(2k\theta^2-2k+1)\theta w_{3-i}]/(4k\theta^2-4k+1), x_i^{\mathrm{SS}} = [(\theta-1)A-\theta w_{3-i}+c]/(4k\theta^2-4k+1)$. 继而求得信息均分享策略下供应链成员的最优决策变量,如引理3所示.

引理3 在零售商信息均分享策略下,存在最优解

$$\begin{cases} w_1^{\mathrm{SS}*} = w_2^{\mathrm{SS}*} = \dfrac{(2k\theta^2-2k+1)A-2ck(\theta+1)}{2k\theta^2-2k\theta-4k+1}, \\ p_1^{\mathrm{SS}*} = p_2^{\mathrm{SS}*} = \dfrac{(2k\theta^2-k\theta-3k+1)A-ck(\theta+1)}{2k\theta^2-2k\theta-4k+1}, \\ x_1^{\mathrm{SS}*} = x_2^{\mathrm{SS}*} = \dfrac{c-A}{2k\theta^2-2k\theta-4k+1}. \end{cases} \tag{9}$$

将式(9)最优解代入预期利润决策模型(8),可得均分享策略下供应链成员最优期望利润.

3 对比分析

本节通过对比以上信息分享模型,探讨零售商信息分享策略选择条件,并分析不同分享策略下制造商/供应链的期望利润大小关系. 具体如命题1～命题3所示.

命题1 零售商最优信息分享策略为:

1) 当 $\theta \in (0, \theta_1)$ 且 $k \in (k_0, k_1)$,或 $\theta \in (\theta_1, 1)$ 且 $k \in (k_2, k_1)$ 时,零售商最优分享策略为SS;

2) 当 $\theta \in (\theta_1, 1)$ 且 $k \in (k_0, k_2)$ 时,零售商最优分享策略为SN/NS;

3) 当$k \in (k_1, +\infty)$时,零售商最优分享策略为NN.

命题1表明,较高的投资效率可以激励零售商分享预测信息. 零售商信息分享策略选择取决于制造商之间竞争强度和投资效率. 具体而言,当竞争较弱时:若制造商投资效率较高(k较小),则均分享(SS)策略为零售商最优策略;若制造商投资效率较低(k较大),则不分享(NN)策略为零售商最优选择. 这是因为:一方面,零售商分享信息增强了纵向双重边际效应;另一方面,较高的投资效率使得制造商批发价格降低. 当批发价格降低程度大于双重边际效应增大程度时,零售商在均分享策略下获得最大收益;反之,则选择不分享信息为最佳策略. 当竞争较为激烈时:若制造商投资效率较高(k较小),则零售商选择部分分享(SN/NS)策略;若制造商投资效率适中(k适中),则零售商选择均分享(SS)策略;若制造商投资效率较低(k较大),则零售商选择不分享(NN)策略. 这是因为横向竞争十分激烈时,较高的投资效率下,零售商仅与一个制造商分享预测信息能使批发价格降低更多,零售商获得利润更大. 而随着投资效率降低,制造商可降价幅度变小,零售商需要与两个制造商均分享预测信息才能使得利润最大化,直到投资效率足够低时,零售商没有动机进行信息分享. 图1给出了零售商信息分享策略.

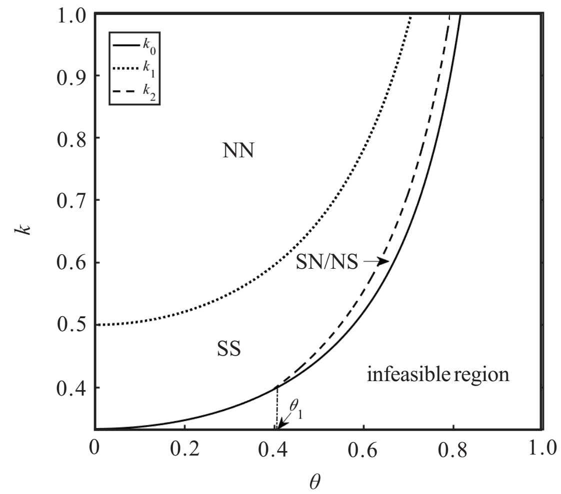

图1 零售商信息分享策略

命题2 在不同信息分享策略下,制造商M_1的期望利润大小关系为:

1) 当$(\theta, k) \in \Omega_1$时,$\mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NS}*})$;

2) 当$(\theta, k) \in \Omega_2$时,$\mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NN}*})$;

3) 当$(\theta, k) \in \Omega_3$时,$\mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NN}*})$;

4) 当$(\theta, k) \in \Omega_4$时,$\mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{SN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{M_1}^{\mathrm{NN}*})$.

在不同信息分享策略下,制造商M_2的期望利润大小关系与命题2完全对称. 可行域集合定义如附录C所示.

命题2表明,不同分享策略下制造商的最大期望利润仅与投资效率k有关,而与竞争强度θ无关. 具体而言,当投资效率较高时,制造商$M_1(M_2)$在SN (NS)策略下获得最大利润;而当投资效率较低时,制造商在均分享(SS)策略下获得最大利润. 此时竞争强度的影响较弱,不足以改变制造商最优策略选择. 但其在3种策略下的利润大小关系与k和θ均有关,具体如图2所示. 总体而言,获得需求预测信息总是对制造商有利,这也体现了零售商信息分享的价值. 当零售商不分享预测信息时,制造商甚至可以通过支付一定费用以激励其分享. 这给制造商决策提供了启示:一方面,其可以通过提高自身创新投资效率激励零售商与其分享预测信息;另一方面,在自身投资效率较低时,可以通过支付部分费用引导零售商选择对自身最有利的分享策略,从而实现利润最大化.

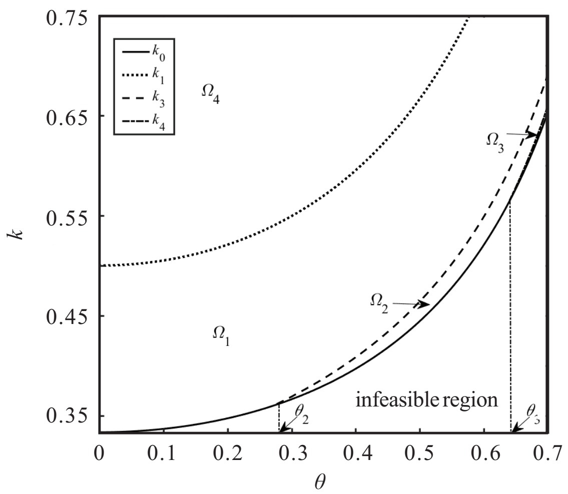

图2 不同分享策略下制造商期望利润大小关系

命题3 不同信息分享策略下供应链的期望利润大小关系为:

1) 当$(\theta, k) \in \Omega_5$时,$\mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SN}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NN}*})$;

2) 当$(\theta, k) \in \Omega_6$时,$\mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SN}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NS}*})$;

3) 当$(\theta, k) \in \Omega_7$时,$\mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SN}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NN}*})$;

4) 当$(\theta, k) \in \Omega_8$时,$\mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SN}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SS}*})$;

5) 当$(\theta, k) \in \Omega_9$时,$\mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SN}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NS}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SS}*})$;

6) 当 $(\theta, k) \in \Omega_{10}$ 时, $\mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NN}*}) > \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SS}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{SN}*}) = \mathrm{E}(\pi_{\mathrm{SC}}^{\mathrm{NS}*})$.

命题3表明,对于整个供应链而言,其不同策略下期望利润大小关系受竞争强度 θ 和投资效率 k 的共同影响. 由于SN策略和NS策略完全对称,两种策略下的供应链利润总是相等. 当投资效率较低时,制造商投资使得产品生产成本降低十分有限,从而不能有效降低批发价格,因此,此时零售商分享预测信息会使自身利润损失较大,甚至超过制造商因获得预测信息而增加的利润,从而使得均不分享(NN)策略下的供应链利润最大. 同理,当投资效率较高时,分享预测信息(SN/NS/SS)使得供应链整体利润最大. 具体信息分享策略对供应链利润的影响如图3所示.

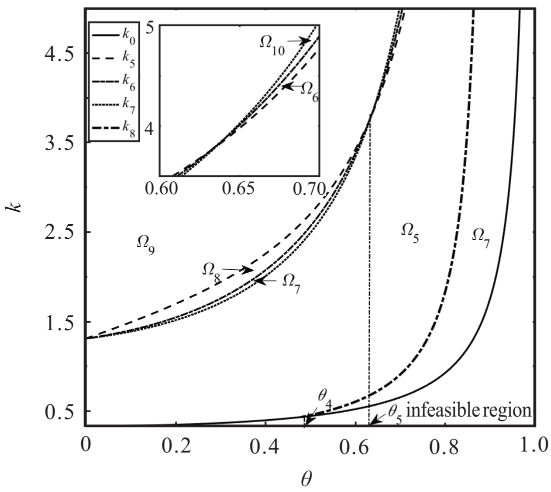

图3　不同分享策略下供应链期望利润大小关系

从命题3可以看出,制造商获得预测信息总是能使自身利润增加,而信息分享同时造成了纵向双重边际效应增强,零售商利润损失. 此时若制造商投资效率较高,则零售商可通过批发价格的降低来弥补损失,从而使自身利润增加. 虽然制造商之间的竞争对零售商有利,但其作用小于投资效率的影响. 因此,当竞争较为激烈且投资效率较高时,零售商选择部分分享策略(SN/NS). 总之,命题3的结论为供应链整体决策提供了参考. 从整个供应链角度考虑,其可根据制造商之间的竞争强度和投资效率具体选择分享策略,从而使供应链整体利润最大化.

4　不对称情形

本文在第3节分析了两个制造商创新投资效率相等时的零售商信息分享策略选择及制造商/供应链的期望利润大小关系. 本节将放松这一假设,研究当制造商投资效率不等时的零售商信息分享策略. 不失一般性,这里假设 $k_{M_1} > k_{M_2}$ ($k_{M_1} < k_{M_2}$ 情形与其完全对称). 鉴于模型较为复杂,此处通过数值仿真进行研究. 分别对竞争强度 θ 间隔0.1取值 ($\theta \in \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\}$),并令 $a_0 = 50, t = 0.7, \mu = 5$,可得在可行域 $\{(k_{M_1}, k_{M_2}) | k_{M_1} > k_{M_2} > k_0\}$ 中零售商的分享策略,如图4和图5所示.

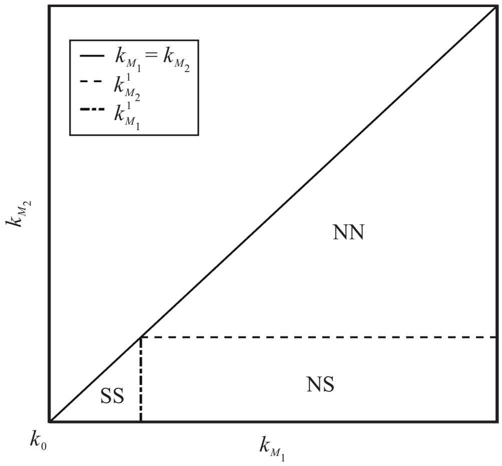

图4　投资效率不等时零售商信息分享策略(θ较小时)

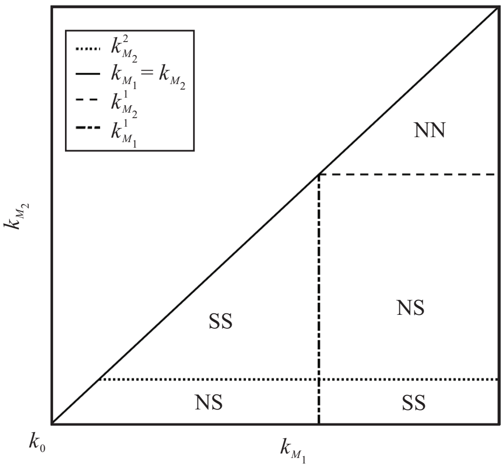

图5　投资效率不等时零售商信息分享策略(θ较大时)

从图4和图5可以看出,当 $k_{M_1} = k_{M_2}$ 时零售商信息分享策略与命题1一致. 当制造商投资效率不等时,存在两种均衡结构分别如图4和图5所示. 由图4可知,当竞争强度较小时,在区域 $\{(k_{M_1}, k_{M_2}) | k_{M_1} > k_{M_1}^1, k_0 < k_{M_2} < k_{M_2}^1\}$ 中,零售商仅与制造商 M_2 分享信息. 这是因为此时横向竞争较弱且制造商 M_2 的创新投资效率明显高于制造商 M_1,零售商选择部分分享策略能使自身利润最大化. 由图5可知,当竞争强度较大时,在区域 $\{(k_{M_1}, k_{M_2}) | k_{M_1} > k_{M_1}^1, k_{M_2}^2 < k_{M_2} < k_{M_2}^1\}$ 中,零售商也只与制造商 M_2 分享预测信息;而在区域 $\{(k_{M_1}, k_{M_2}) | k_{M_1} > k_{M_1}^1, k_0 < k_{M_2} < k_{M_2}^2\}$ 中,零售商则与两个制造商均分享预测信息. 这是因为竞争较为激烈时:若两个制造商投资效率均适中,则零售商选择部分分享策略能使自身获得最大

利润,且其与投资效率较高的一方分享信息能获得更低的批发价格,也即获得利润最多;若两个制造商投资效率均较高,则零售商更愿意选择均分享策略以获得更多利润.

图4和图5的主要区别在于:首先,随着竞争的加剧,零售商信息分享的区域变大,即零售商更有动机进行信息分享;其次,竞争较为激烈时,零售商的信息分享策略划分更细,即信息对于供应链成员利润的影响更大,需求预测信息变得更具有价值.

5 溢出效应

本文在基础模型中研究了制造商创新投资相互无影响的情形,本节则考虑竞争制造商投资存在横向溢出效应时零售商的信息分享策略. 此处的横向溢出效应是指一个制造商的创新投资不仅能使自身产品的单位生产成本降低,而且能给对手制造商带来成本的降低,具体表现在一个制造商的创新行为能被竞争对手借鉴和学习[3]. 根据Gupta[3]的研究,令制造商创新投资溢出效应下单位产品成本函数为$c_i = c - x_i - \lambda x_j, i = 1, 2$,其中$\lambda \in (0, 1)$为溢出效应系数,体现了制造商的创新投资对对手制造商成本的影响. 由此可得,当存在溢出效应时零售商的信息分享策略如命题4、图6和图7所示.

命题4 存在溢出效应时,信息分享策略为:

1) 当$\theta \in (0, \theta_1)$时:①若$k \in (k_0, k_2^P)$,则零售商信息分享策略为SS;②若$k \in (k_2^P, k_1^P)$,则零售商信息分享策略为SN/NS;③若$k \in (k_1^P, +\infty)$,则零售商信息分享策略为NN.

2) 当$\theta \in (\theta_1, 1)$时:①若$\lambda \in (0, \lambda_1^P)$且$k \in (k_3^P, k_2^P)$,或$\lambda \in (\lambda_1^P, 1)$且$k \in (k_0, k_2^P)$,则零售商信息分享策略为SS;②若$\lambda \in (0, \lambda_1^P)$且$k \in (k_0, k_3^P)$,或$k \in (k_2^P, k_1^P)$,则零售商信息分享策略为SN/NS;③若$k \in (k_1^P, +\infty)$,则零售商信息分享策略为NN.

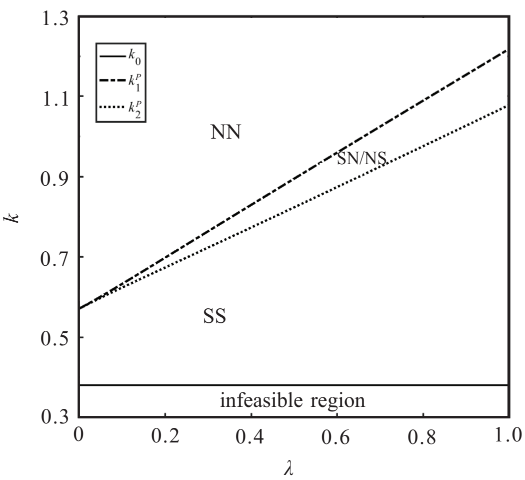

图6 溢出效应下零售商信息分享策略($\theta = 0.35$)

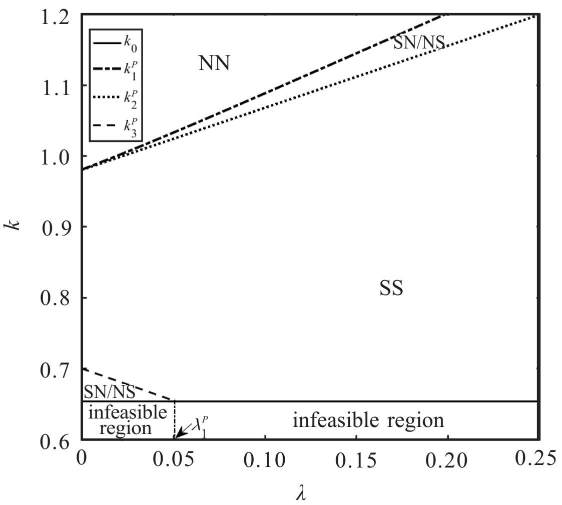

图7 溢出效应下零售商信息分享策略($\theta = 0.7$)

从图6和图7中可以看出,当制造商创新投资无横向溢出效应($\lambda = 0$)时,零售商信息分享策略与命题1所得结论一致. 当制造商创新投资存在横向溢出效应时,随着溢出效应的增大,零售商选择分享预测信息(部分分享或者均分享策略)的区域变大. 这是因为横向溢出效应激励了零售商进行信息分享. 同时相对于无溢出效应情形,当制造商投资效率适中时,零售商最优分享策略为部分分享(只与一个制造商分享),且此区域随着溢出效应增大而变大. 这是因为制造商竞争下,溢出效应一方面促使制造商进行创新投资,另一方面提高了制造商创新投资的效率,从而激励零售商信息分享. 此外,当竞争较为激烈时,随着溢出效应的增大,当制造商投资效率特别高时,零售商信息分享策略由部分分享(SN/NS)逐渐转变为均分享(SS),如图7中所示. 这是因为竞争较为激烈时,横向溢出效应间接增强了制造商创新投资效率. 当两个制造商创新投资效率均较高时,零售商选择均分享策略能使得两者批发价格均降低较多,从而获得最大利润.

6 结 论

本文在由两个竞争制造商和一个共同零售商组成的二级供应链中,研究了制造商创新投资下零售商信息分享策略选择问题. 首先,分别构建了不分享策略(NN)、部分分享策略(SN/NS)以及均分享策略(SS)下的供应链决策模型,并通过对比分析得到零售商最优信息分享策略;然后,从制造商/供应链的角度分析了不同分享策略下其利润大小关系;最后,在基础模型的基础上放松假设,研究了制造商投资效率不等及存在横向溢出效应时的零售商信息分享策略. 研究得到以下结论:

1)当制造商投资效率较低时,零售商没有动机分

享预测信息. 当竞争强度较小且投资效率较高,或竞争强度较大且投资效率适中时,零售商总是倾向于均分享(SS)策略;而当竞争强度较大且投资效率较高时,零售商在部分分享(SN/NS)策略下获得最大利润.

2) 制造商总是能从信息分享中受益且不同分享策略下制造商利润大小关系受竞争强度和投资效率的影响.

3) 供应链在不同信息分享策略下的利润大小关系取决于制造商竞争强度和投资效率.

4) 当制造商投资效率不等时,零售商更愿意与投资效率较高的一方分享信息.

5) 横向溢出效应能激励零售商分享信息.

上述结论为供应链企业的运营提供了以下管理启示: 首先,对于零售商而言,其存在信息分享的动机,且在某些条件下可以与制造商共赢,因此,零售商与制造商之间存在合作共赢的条件;其次,零售商信息分享策略存在多个选择,其可根据制造商之间的竞争程度和其投资效率大小来决策自身分享策略,从而使得自身利润最大化;再次,对于制造商而言,需求信息的获取总是有利于自身利润的增加,且此时制造商创新投资能力变得更有价值,其不仅可以提高制造商的市场竞争力,而且可以作为激励零售商自愿分享需求信息的动因,同时,制造商可以通过调节自身创新投资来最大化自身利润;最后,制造商可以通过市场需求信息(需求预测)制定成本降低目标,从而更有效地利用自身投资.

本文虽然对竞争制造商创新投资下的零售商信息分享策略进行了详细研究并得出一些结论,但仍然可从以下方面深入研究: 首先,本文未考虑制造商生产成本信息问题,未来可以考虑制造商成本信息与零售商需求信息之间信息分享的策略选择问题;其次,考虑制造商产能约束下的零售商信息分享问题亦有十分重要的意义.

附录A　最优期望利润.

各分享策略下供应链成员最优期望利润为

$$\pi_{M_1}^{\mathrm{NN}*}=\pi_{M_2}^{\mathrm{NN}*}=C_1,\ \pi_R^{\mathrm{NN}*}=C_2+D_0;$$
$$\pi_{M_1}^{\mathrm{SN}*}=\pi_{M_2}^{\mathrm{NS}*}=C_1+D_1,\ \pi_{M_2}^{\mathrm{SN}*}=\pi_{M_1}^{\mathrm{NS}*}=C_1+D_2,$$
$$\pi_R^{\mathrm{SN}*}=\pi_R^{\mathrm{NS}*}=C_2+D_3;$$
$$\pi_{M_1}^{\mathrm{SS}*}=\pi_{M_2}^{\mathrm{SS}*}=C_1+D_4,\ \pi_R^{\mathrm{SS}*}=C_2+D_5.$$

其中

$$C_1=k(-4k\theta^2+4k-1)(a_0-c)^2/[2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2],$$
$$C_2=2k^2(\theta+1)(a_0-c)^2/(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2;$$
$$D_0=t\mu/[2(\theta+1)],$$
$$D_1=k(-4k\theta^2+4k-1)^3t\mu/[2(\theta+1)^2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)^2],$$
$$D_2=\theta(2k\theta^2-4k+1)[8(\theta^2-\theta-4)(\theta-1)^2(\theta+1)^2k^2+2(\theta-1)(\theta+1)(4\theta^2-3\theta-8)k+2\theta^2-\theta-2]t\mu/[2(\theta+1)^2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)^2],$$
$$D_3=[16(\theta^3-7\theta^2+4\theta+20)(\theta-1)^2(\theta+1)^2k^4+32(\theta-1)(\theta^3-5\theta^2+\theta+9)(\theta+1)^2k^3+4(\theta+1)(6\theta^3-20\theta^2-3\theta+25)k^2+8(\theta+1)(\theta-2)k+1]t\mu/[4(\theta+1)^2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)^2],$$
$$D_4=k(-4k\theta^2+4k-1)t\mu/[2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2],$$
$$D_5=2(\theta+1)k^2t\mu/(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2.$$

附录B　最优解存在性及相关命题证明.

1) 最优解存在性判定.

证明　零售商预期利润模型为

$$\mathrm{E}(\pi_R)=(p_1-w_1)\Big(\frac{a}{\theta+1}-\frac{1}{1-\theta^2}p_1+\frac{\theta}{1-\theta^2}p_2\Big)+(p_2-w_2)\Big(\frac{a}{\theta+1}-\frac{1}{1-\theta^2}p_2+\frac{\theta}{1-\theta^2}p_1\Big),$$

其关于决策变量的海塞矩阵为

$$H^R=\begin{bmatrix}\dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_R)}{\partial {p_1}^2} & \dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_R)}{\partial p_1p_2}\\ \dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_R)}{\partial p_2p_1} & \dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_R)}{\partial {p_2}^2}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{2}{\theta^2-1} & \dfrac{2\theta}{1-\theta^2}\\ \dfrac{2\theta}{1-\theta^2} & \dfrac{2}{\theta^2-1}\end{bmatrix}.$$

对海塞矩阵求解可得 $H_1^R=2/(\theta^2-1)<0, H_2^R=4/(1-\theta^2)>0$,因此,零售商存在唯一最优解,即 $p_1^*=(a+w_1)/2, p_2^*=(a+w_2)/2$. 将上述最优解代入制造商利润函数中,可得

$$\mathrm{E}(\pi_{Mi})=[(\theta w_{3-i}-x_i+(1-\theta)a+c)w_i+(x_i-c)\theta w_{3-i}+(\theta^2-1)k{x_i}^2+(1-\theta)ax_i+(\theta-1)ac-{w_i}^2]/[2(1-\theta^2)],$$

其关于决策变量的海塞矩阵为

$$H^M=\begin{bmatrix}\dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_{M_i})}{\partial {w_i}^2} & \dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_{M_i})}{\partial w_ix_i}\\ \dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_{M_i})}{\partial x_iw_i} & \dfrac{\partial\mathrm{E}^2(\pi_{M_i})}{\partial {x_i}^2}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{\theta^2-1} & \dfrac{1}{2(\theta^2-1)}\\ \dfrac{1}{2(\theta^2-1)} & -k\end{bmatrix}.$$

对上式求解可得 $H_1^M=1/(\theta^2-1)<0, H_2^M=$

$[4k(1-\theta^2)-1]/[4(\theta-1)^2(\theta+1)^2]$. 当$k>k_0$时, $H_2^M>0$恒成立,因此存在最优解. □

2) 命题1的证明.

证明 将不同信息分享策略下的零售商最优期望利润两两对比,可得:

① $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}*})-\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})=$

$$J_1(\theta,k)J_2(\theta,k)t\mu/[4(\theta+1)^2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)^2].$$

其中

$$J_1(\theta,k)=2k(\theta^2-1)+1,$$

$$J_2(\theta,k)=8(2\theta^3+\theta^2-8\theta-12)(\theta-1)^2(\theta+1)^2k^3+4(\theta-1)(\theta+1)(6\theta^3+3\theta^2-16\theta-16)k^2+2(\theta+1)(6\theta^2-3\theta-7)k+2\theta+1.$$

令函数$J_1(\theta,k)$的根为$k_1=1/(2-2\theta^2)$,则可知:当$k\in(k_0,k_1)$时, $J_1(\theta,k)>0$;当$k\in(k_1,+\infty)$时, $J_1(\theta,k)<0$. 对函数$J_2(\theta,k)$求解可知,在可行域$k\in(k_0,+\infty)$中, $J_2(\theta,k)<0$. 因此有:当$k\in(k_0,k_1)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}*})<\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})$;当$k\in(k_1,+\infty)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}*})>\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})$.

② $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}*})-\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})=$

$$J_1(\theta,k)J_3(\theta,k)t\mu/[2(\theta+1)(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2],$$

其中

$$J_3(\theta,k)=2k(\theta-3)(\theta+1)+1.$$

易知当$k\in(k_0,+\infty)$时, $J_3(\theta,k)<0$恒成立. 因此,当$k\in(k_0,k_1)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}*})<\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$;当$k\in(k_1,+\infty)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{NN}*})>\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$.

③ $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})-\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})=$

$$J_1(\theta,k)J_4(\theta,k)t\mu/[4(\theta+1)^2(2k\theta^2-2k\theta-4k+1)^2(2k\theta^2+2k\theta-4k+1)^2],$$

其中

$$J_4(\theta,k)=8(\theta^2-8\theta-12)(\theta-1)^2(\theta+1)^2k^3+4(\theta-1)(\theta+1)(3\theta^2-12\theta-16)k^2+2(\theta+1)(3\theta-7)k+1.$$

令$J_4(\theta,k)$的最大根为k_2, $\theta_1=4-\sqrt{13}$. 对函数进行求解可知,当$\theta\in(0,\theta_1)$时, $k_0>k_2$,此时在可行域$k\in(k_0,+\infty)$中, $J_4(\theta,k)<0$恒成立. 当$\theta\in(\theta_1,1)$时, $k_0<k_2$,此时:若$k\in(k_0,k_2)$,则$J_4(\theta,k)>0$;若$k\in(k_2,+\infty)$,则$J_4(\theta,k)<0$. 又因为$k_1>k_2$,所以:

当$\theta\in(0,\theta_1)$且$k\in(k_0,k_1)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})<\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$;

当$\theta\in(0,\theta_1)$且$k\in(k_1,+\infty)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})>\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$;

当$\theta\in(\theta_1,1)$且$k\in(k_0,k_2)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})>\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$;

当$\theta\in(\theta_1,1)$且$k\in(k_2,k_1)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})<\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$;

当$\theta\in(\theta_1,1)$且$k\in(k_1,+\infty)$时, $\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SN}*})>\mathrm{E}(\pi_R^{\mathrm{SS}*})$.

综上①～③所述,命题1成立. □

3) 命题2～命题4的证明与命题1的证明类似,不再赘述,此处仅列出各阈值.

$$k_3=[-4\theta^2+(3+\sqrt{17})\theta+8]/[8(\theta^2-\theta-4)(\theta-1)(\theta+1)];$$

$$k_4=(2\theta+4^{1/3})/[4(\theta+4^{1/3})(\theta+1)(1-\theta)];$$

k_5为函数

$$J_5(\theta,k)=16(3\theta^2-4)(\theta-1)^3(\theta+1)^3k^4+8(2\theta^3+9\theta^2-8\theta-16)(\theta-1)^2(\theta+1)^2k^3+4(\theta-1)(\theta+1)(6\theta^3+10\theta^2-16\theta-17)k^2+2(6\theta^3+5\theta^2-10\theta-7)k+2\theta+1$$

的最大根;

$$k_6=(3-2\theta+\sqrt{5-4\theta})/[(4(\theta+1)(\theta-1)^2)];$$

k_7和k_8为函数

$$J_6(\theta,k)=16(2\theta^3+3\theta^2-4)(\theta-1)^3(\theta+1)^3k^4+8(6\theta^3+9\theta^2-4\theta-16)(\theta-1)^2(\theta+1)^2k^3+4(\theta-1)(\theta+1)(6\theta^3+10\theta^2-6\theta-17)k^2+2(2\theta^3+5\theta^2-2\theta-7)k+1$$

的次大根和最大根;

k_1^P为函数

$$J_1^P(\theta,\lambda,k)=16(2\theta^3+\theta^2-8\theta-12)(\theta-1)^3(\theta+1)^3k^4+16(\theta-1)^2(\theta+1)^2[4\theta^3+(3\lambda+2)\theta^2+3(\lambda-4)\theta-2(\lambda+7)]k^3-4(\theta-1)(\theta+1)[4(\lambda^2-3\theta^3+2(\lambda^2-6\lambda-3)\theta^2-2(7\lambda^2+5\lambda-13)\theta-9\lambda^2+8\lambda+23]k^2-$$

$$4(\theta+1)(\lambda-1)(\lambda+1)[4\theta^2+(3\lambda-2)\theta-\lambda-4]k+(\lambda-1)^2(\lambda+1)^2(2\theta+1)$$

的最大根;

k_2^P 和 k_3^P 为函数

$$J_2^P(\theta,\lambda,k)= 16(\theta^2-8\theta-12)(\theta-1)^3(\theta+1)^3k^4+ 16(\theta-1)^2(\theta+1)^2[(\lambda+2)\theta^2+(3\lambda-10)\theta-14]k^3-4(\theta-1)(\theta+1)[2(\lambda+1)(\lambda-3)\theta^2-2(4\lambda^2+5\lambda-8)\theta-9\lambda^2-4\lambda+23]k^2-4(\theta+1)(\lambda-1)(\lambda+1)[(\lambda+2)+\lambda-4]k+(\lambda-1)^2(\lambda+1)^2$$

的最大根和次大根.

$$\theta_2=(\sqrt{17}-1)/4,$$
$$\theta_3=(1/2)^{1/3};$$

θ_4 为函数

$$L(\theta)=4\theta^3-3\theta^2+12\theta-5$$

的根;

$$\theta_5=(1+\sqrt{17})/8;$$
$$\theta_1^P=4-\sqrt{13}.$$

λ_1^P 为函数

$$G_1^P(\lambda)=81(1-\theta)(\theta+1)\lambda^4-108(\theta+1)^2\lambda^3+18(\theta^2-4\theta-3)\lambda^2+12(\theta^2-3)\lambda-\theta^2+8\theta-3$$

在可行域内的根.

附录C　可行域集合.

命题2和命题3中的集合定义如下:

$$\varOmega_1=\{(\theta,k)|0<\theta<\theta_2,k_0<k<k_1\}\bigcup\{(\theta,k)|\theta_2<\theta<1,k_3<k<k_1\},$$
$$\varOmega_2=\{(\theta,k)|\theta_2<\theta<\theta_3,k_0<k<k_3\}\bigcup\{(\theta,k)|\theta_3<\theta<1,k_4<k<k_3\},$$
$$\varOmega_3=\{(\theta,k)|\theta_3<\theta<1,k_0<k<k_4\},$$
$$\varOmega_4=\{(\theta,k)|0<\theta<1,k_1<k<+\infty\},$$
$$\varOmega_5=\{(\theta,k)|0<\theta<\theta_4,k_0<k<k_8\}\bigcup\{(\theta,k)|\theta_4<\theta<\theta_5,k_7<k<k_8\}\bigcup\{(\theta,k)|\theta_5<\theta<1,k_7<k<k_5\},$$
$$\varOmega_6=\{(\theta,k)|\theta_5<\theta<1,k_5<k<k_6\},$$
$$\varOmega_7=\{(\theta,k)|\theta_4<\theta<1,k_0<k<k_7\}\bigcup\{(\theta,k)|0<\theta<\theta_5,k_8<k<k_6\},$$
$$\varOmega_8=\{(\theta,k)|0<\theta<\theta_5,k_6<k<k_5\},$$
$$\varOmega_9=\{(\theta,k)|0<\theta<\theta_5,k_5<k<+\infty\}\bigcup\{(\theta,k)|\theta_5<\theta<1,k_8<k<+\infty\},$$
$$\varOmega_{10}=\{(\theta,k)|\theta_5<\theta<1,k_6<k<k_8\}.$$

参考文献(References)

[1] Yao D Q, Yue X, Liu J. Vertical cost information sharing in a supply chain with value-adding retailers[J]. Omega, 2008, 36(5): 838-851.

[2] Keifer S. Beyond point of sale: Leveraging demand signals for forecasting[J]. Journal of Business Forecasting, 2010, 29(2): 14-22.

[3] Gupta S. Channel structure with knowledge spillovers[J]. Marketing Science, 2008, 27(2): 247-261.

[4] Netland T, Ferdows K. What to expect from corporate lean programs[J]. Mit Sloan Management Review, 2014, 55(3): 83-89.

[5] Li L. Information sharing in a supply chain with horizontal competition[J]. Management Science, 2002, 48(9): 1196-1212.

[6] 艾兴政, 唐小我, 马永开. 传统渠道与电子渠道预测信息分享的绩效研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(1): 12-21.
(Ai X Z, Tang X W, Ma Y K. Performance of forecasting information sharing between traditional channel and E-channel[J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(1): 12-21.)

[7] 聂佳佳. 预测信息分享对制造商开通直销渠道的影响[J]. 管理工程学报, 2012, 26(2): 106-112.
(Nie J J. The effect of forecast information sharing on manufacturer's launching direct channels[J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2012, 26(2): 106-112.)

[8] Huang S, Guan X, Chen Y J. Retailer information sharing with supplier encroachment[J]. Production and Operations Management, 2018, 27(6): 1133-1147.

[9] 聂佳佳. 零售商信息分享对闭环供应链回收模式的影响[J]. 管理科学学报, 2013, 16(5): 69-82.
(Nie J J. Effects of retailer information sharing on collecting modes of closed-loop supply chain[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(5): 69-82.)

[10] Huang Y T, Wang Z J. Values of information sharing: A comparison of supplier remanufacturing and manufacturer remanufacturing scenarios[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2017, 106: 20-44.

[11] 张盼. 政府奖惩下闭环供应链中需求预测信息分享研

究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(2): 107-118.
(Zhang P. Demand forecast sharing in a closed-loop supply chain under the government's reward-penalty mechanism[J]. Chinese Journal of Management Sciences, 2019, 27(2): 107-118.)

[12] Shang W, Ha A Y, Tong S. Information sharing in a supply chain with a common retailer[J]. Management Science, 2016, 62(1): 245-263.

[13] Wei J, Zhao J, Hou X. Bilateral information sharing in two supply chains with complementary products[J]. Applied Mathematical Modelling, 2019, 72: 28-49.

[14] Wu J J, Wang H Y, Shang J. Multi-sourcing and information sharing under competition and supply uncertainty[J]. European Journal of Operational Research, 2019, 278(2): 658-671.

[15] 刘家财, 李登峰. 基于直觉模糊合作对策的信息共享利益分配[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(4): 1057-1064.
(Liu J C, Li D F. Profit allocation of information sharing based on cooperative games with intuitionistic fuzzy numbers[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(4): 1057-1064.)

[16] Zheng X X, Li D F, Liu Z, et al. Coordinating a closed-loop supply chain with fairness concerns through variable-weighted Shapley values[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 126: 227-253.

[17] Gupta S, Loulou R. Process innovation, product differentiation, and channel structure: Strategic incentives in a duopoly[J]. Marketing Science, 1998, 17(4): 301-316.

[18] Yoon D H. Supplier encroachment and investment spillovers[J]. Production and Operations Management, 2016, 25(11): 1839-1854.

[19] Iida T. Coordination of cooperative cost-reduction efforts in a supply chain partnership[J]. European Journal of Operational Research, 2012, 222(2): 180-190.

[20] 李晓静, 艾兴政, 唐小我. 创新驱动下竞争供应链的纵向整合决策[J]. 管理工程学报, 2018, 32(2): 151-158.
(Li X J, Ai X Z, Tang X W. Vertical integration of competing supply chain under the condition of R & D motivation[J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2018, 32(2): 151-158.)

[21] 李宗活, 杨文胜, 陈信同. 基于零售商创新投入的双渠道供应链协调策略[J]. 控制与决策, 2019, 34(8): 1754-1760.
(Li Z H, Yang W S, Chen X T. Coordination strategy based on retailer innovative input in dual-channel supply chains[J]. Control and Decision, 2019, 34(8): 1754-1760.)

[22] 李凯, 李伟, 安岗. 基于不同研发模式的零售商需求信息分享策略[J]. 系统工程学报, 2019, 34(2): 186-198.
(Li K, Li W, An G. Retailer's demand information sharing strategy based on different R&D patterns[J]. Journal of Systems Engineering, 2019, 34(2): 186-198.)

[23] Hu J, Hu Q, Xia Y. Who should invest in cost reduction in supply chains?[J]. International Journal of Production Economics, 2019, 207: 1-18.

[24] 陈树桢, 熊中楷, 李根道, 等. 考虑创新补偿的双渠道供应链协调机制研究[J]. 管理工程学报, 2011, 25(2): 45-52.
(Chen S Z, Xiong Z K, Li G D, et al. Coordination mechanisms based on strategic innovative compensation in dual-channel supply chains[J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2011, 25(2): 45-52.)

[25] Ha A Y, Tian Q, Tong S. Information sharing in competing supply chains with production cost reduction[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2017, 19(2): 246-262.

[26] Chung H, Lee E. Asymmetric relationships with symmetric suppliers: Strategic choice of supply chain price leadership in a competitive market[J]. European Journal of Operational Research, 2017, 259(2): 564-575.

作者简介

王桐远 (1990−), 男, 博士生, 从事供应链管理、运营管理的研究, E-mail: tongyuan_wang@163.com;

李进军 (1978−), 男, 副教授, 博士, 从事企业管理等研究, E-mail: lijinjun09@qq.com;

李延来 (1971−), 男, 教授, 博士生导师, 从事运营管理、决策理论与方法等研究, E-mail: lyl_2001@163.com.

(责任编辑：李君玲)