

信息泄露下产品定价研究

邱小平, 李英波

(西南交通大学交通运输与物流学院, 成都 610031)

摘要:供应链中的信息对于供应链参与者的利益和供应链的绩效是有价值的。建立了一个供应商两个零售商的基本模型,就供应商是否泄漏零售商订单信息展开,给出了伯川德竞争环境下,不同均衡的产品定价策略。

关键词:信息泄露;定价;博弈论;供应链

中图分类号:F252.3

文献标志码:A

引言

牛鞭效应^[1-2]的出现使得人们认识到生产商与零售商、零售商与顾客之间进行信息传递的重要性。Li L 针对同业竞争环境下公司垂直分享信息的激励问题,以库诺特模型为基础,考虑需求与成本信息不确定,建立两层供应链下三阶段非合作博弈模型,得出零售商不愿泄露给制造商除成本外的信息,但未考虑信息共享带来的降低库存与供应短缺问题,指出今后研究可就伯川德竞争下的信息泄露问题展开^[3]。Zhang H T 紧跟 Li L 的研究,针对双边垄断异种产品替代或互补问题,建立了一个供应商两个零售商三阶段非合作博弈模型。此时零售商为价格竞争,研究得出在获得一定边支付的情况下,零售商愿意甚至完全与上游企业分享信息^[4]。Li L 和 Zhang H T 定义了信息的保密层级并着手研究分散型供应链下、链上企业间信息分享问题。模型类似于 Li L,研究表明保密性越好,零售商越愿意分享信息并且此时批发价格对市场需求敏感,缺点在于未考虑订货生产的节约库存成本且未给出实证分析^[5]。Anand K S 和 Goyal M 对供应链信息泄露做了专门研究后提出策略信息管理的概念。研究表明:在批发

价格契约下,供应商总是将现有零售商的订单信息泄露给跟随零售商并指出今后可就不同契约下的信息泄露问题展开研究^[6]。Kong G W 等仍以一个供应商两个零售商为研究对象,以 Anand 的研究为基础,在产品为完全替代产品的前提下研究了收益共享契约下的信息泄露问题,并确定了一个收益最大化前提下的信息不泄露订购量区间。今后的研究方向为基于伯川德竞争阻止信息泄露合约设计或下游零售商关系表现为产品不完全替代或供应商泄露虚假信息情况下如何设计阻止信息合约的研究^[7]。

前人多停留在纵向供应链企业的研究,对供应链节点横向企业间关系的研究多停留在 Cournot 竞争环境下,产品为替代或互补类型的定价及利润对比研究。本文在 Anand K S 和 Goyal M 等基础上,以 Bertrand 竞争为环境,对一般影响关系的产品类型进行了不同均衡下的产品定价研究。

1 模型假设

考虑伯川德竞争下,一个生产商,两个零售商的情形。由库诺特竞争的假设可以求得一个伯川德竞争的初始条件,即一个零售商订货量与自身销售价格及另一零售商定价的关系函数。

收稿日期:2013-04-22

基金项目:国家社会科学基金项目(10CGL013)

作者简介:邱小平(1976-),男,四川南充人,教授,博士,主要从事供应链管理,系统仿真方面的研究,(E-mail)qxq@home.swjtu.edu.cn

$$\begin{cases} p_i = A - q_i - \frac{1}{2}q_e \\ p_e = A - q_e - \frac{1}{2}q_i \end{cases} \quad (1)$$

其中, A 为市场需求为一常数, 存在高低两种需求, A_L, A_H 表示需求的低、高两种状态。而 p_i, q_i 为 i 厂商的产品定价与订单数量, q_e 为 e 厂商的产品订单数量。求得关系函数:

$$\begin{cases} q_i = \frac{2}{3}(A - 2p_i + p_e) \\ q_e = \frac{2}{3}(A - 2p_e + p_i) \end{cases} \quad (2)$$

收益共享契约下, 设收益分享率 α , 此时:

(1) 供应商发出收益共享契约, 即收益分享率为 α 下, 批发价格为 w 的契约。

(2) 既有零售商观测现有市场需求状态 A , 是高还是低。

(3) 既有零售商确定产品定价 p_i 。

(4) 供应商选择是否将既有零售商定价信息泄露给新入零售商。

(5) 新入零售商确定产品订价 q_e 。

供应商收益可表示为:

$$\pi_s = w(q_i + q_e) + \alpha(q_i p_i + q_e p_e) \quad (3)$$

既有零售商和新入零售商的收益为:

$$\pi_i = (1 - \alpha)q_i p_i - wq_i \quad (4)$$

$$\pi_e = (1 - \alpha)q_e p_e - wq_e \quad (5)$$

平均需求:

$$\mu = \theta A_H + (1 - \theta)A_L$$

2 模型分析

2.1 完全信息下供应商选择策略及产品定价

命题 1 完全信息下, 供应商不泄露既入零售商价格信息时, 零售商为同时博弈, 且市场需求为高(低)时领导者的定价为 $\frac{8}{15} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{4}A_H + \frac{1}{20}\mu / \frac{8}{15} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{4}A_H + \frac{1}{20}\mu$, 跟随者无法判断市场需求, 高/低需求下的定价均为 $p_e^{N*} = \frac{1}{5}\mu + \frac{2}{15} \frac{w}{1 - \alpha}$; 供应商泄露既入零售商价格信息时, 高/低需求下零售商定价分别为 $\frac{2}{3} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{3}A_L / \frac{2}{3} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{3}A_L$ 。

2.1.1 供应商不泄露零售商订单信息时产品定价分析

不泄露信息时, 领导零售商有对信息的保有权, 跟随零售商无法获取需求信息, 此时零售商只能按照概率

推测自己的需求量, 零售商利润函数为:

$$\pi_{ii}^s = \frac{2}{3}(A_H - 2p_{ii}^s + p_e) [(1 - \alpha)p_{ii}^s - w] \quad (6)$$

$$\pi_{ii}^s = \frac{2}{3}(A_L - 2p_{ii}^s + p_e) [(1 - \alpha)p_{ii}^s - w] \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \pi_e^N &= \left[\frac{2\theta}{3}(A_H - 2p_e + p_{ii}^N) + \right. \\ &\left. \frac{2(1 - \theta)}{3}(A_L - 2p_e + p_{ii}^N) \right] [(1 - \alpha)p_e - w] \quad (8) \end{aligned}$$

联立式(6)、式(7)和式(8)求一阶导可得均衡价格:

$$p_{ii}^{N*} = \frac{8}{15} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{4}A_H + \frac{1}{20}\mu$$

$$p_{ii}^{N*} = \frac{8}{15} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{4}A_L + \frac{1}{20}\mu$$

$$p_e^{N*} = \frac{1}{5}\mu + \frac{2}{15} \frac{w}{1 - \alpha}$$

将均衡价格带入式(2)得零售商订货量:

$$q_{ii}^{N*} = \frac{1}{3}A_H - \frac{28w}{45(1 - \alpha)} + \frac{1}{15}\mu$$

$$q_{ii}^{N*} = \frac{1}{3}A_L - \frac{28w}{45(1 - \alpha)} + \frac{1}{15}\mu$$

$$q_e^{N*} = \frac{8}{45} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{3}{5}\mu$$

2.1.2 供应商泄露零售商订单信息时产品定价分析

完全信息的信息泄露下, 供应商向跟随零售商提供信息, 此时跟随零售商是在确定领导者信息后确定自己的订单量。此时当跟随者获取信息显示为高时, 会订购一个相对大的量, 需求显示为低时订购低的量。则领导者的利润函数可分为高、低两种需求考虑。高需求下, 领导者的利润函数为:

$$\pi_{ii}^s = \frac{2}{3}(A_H - 2p_{ii}^s + p_{eh}^s) [(1 - \alpha)p_{ii}^s - w] \quad (9)$$

$$\pi_{eh}^s = \frac{2}{3}[A_H - 2p_{eh}^s + p_{ii}^s] [(1 - \alpha)p_{eh}^s - w] \quad (10)$$

解的一阶条件为:

$$p_{ii}^{CS*} = p_{eh}^{CS*} = \frac{2w}{3(1 - \alpha)} + \frac{1}{3}A_H$$

得到此时零售商的订货量为:

$$q_{ii}^{CS*} = q_{eh}^{CS*} = \frac{2}{3} \left(A_H - \frac{w}{1 - \alpha} \right)$$

同理, 低需求下时, 可以计算均衡价格

$$p_{ii}^{CS*} = p_{el}^{CS*} = \frac{2}{3} \frac{w}{1 - \alpha} + \frac{1}{3}A_L$$

$$q_{ii}^{CS*} = q_{el}^{CS*} = \frac{2}{3} \left(A_L - \frac{w}{1 - \alpha} \right)$$

2.2 不完全信息下供应商选择策略及产品定价

命题 2 不完全信息下, 当市场为高需求时, 供应商

一定泄露信息,符合完全信息下信息泄露博弈,结果同命题1;当市场为低需求时,零售商的产品定价为:

$$p_{il}^* = \begin{cases} \frac{5}{14}A_L + \frac{9}{14} \frac{w}{1-\alpha}, \eta \leq \frac{3}{5} \\ \frac{1}{7} \left\{ \frac{9w}{2(1-\alpha)} + \left(2A_H + \frac{1}{2}A_L \right) + \right. \\ \left. \frac{1}{4} \sqrt{7(A_H - A_L) \left[\frac{10w}{1-\alpha} - (9A_H + A_L) \right]} \right\}, \eta > \frac{3}{5} \end{cases}$$

同时跟随者的定价为:

$$p_{eL}^* = \begin{cases} \frac{37w}{24(1-\alpha)} + \frac{19A_L}{24}, \eta \leq \frac{3}{5} \\ \frac{1}{112} \left(8A_H + 30A_L + \frac{74w}{1-\alpha} + \right. \\ \left. \sqrt{7(A_H - A_L) \left(\frac{10w}{1-\alpha} - (9A_H + A_L) \right)} \right), \eta > \frac{3}{5} \end{cases}$$

证明 不完全信息的信息泄露下,零售商竞争符合信号博弈。在数量竞争中,主导厂商会通过有选择的传递需求信息以最大化跟随厂商关于低需求的推断。因此,当市场需求为高时,主导厂商会通过模仿低需求的主导厂商的订货量向跟随厂商传达市场需求为低的信息。而低需求时,主导厂商不需要对订货量进行调整。达到分离均衡时,主导厂商传递的信号能够反映出需求类型的真实情况,给跟随厂商的判断提供充分的信息和依据。因此,高需求时主导厂商的最优选择是其在信息泄露条件下的订货量^[8]。当零售商产品为价格竞争时,同样如此。领导者在高/低需求下的利润为:

$$\pi_{iH} = \text{Max}_{p_{iH}} \left\{ \frac{2}{3} [A_H - 2p_{iH} + p_{eH}^*(p_{iH})] [(1-\alpha)p_{iH} - w] \right\} \quad (11)$$

$$\pi_{iL} = \text{Max}_{p_{iL}} \left\{ \frac{2}{3} [A_L - 2p_{iL} + p_{eL}^*(p_{iL})] [(1-\alpha)p_{iL} - w] \right\} \quad (12)$$

满足激励相容性条件:即高需求(低需求)下领导者不会向市场发出虚假信号。即

$$\frac{2}{3} [A_L - 2p_{iH} + p_{eH}^*(p_{iH})] [(1-\alpha)p_{iH} - w] \leq \frac{2}{3} [A_L - 2p_{iL}^* + p_{eL}^*(p_{iL})] [(1-\alpha)p_{iL}^* - w] \quad (13)$$

$$\frac{2}{3} [A_H - 2p_{iL} + p_{eL}^*(p_{iL})] [(1-\alpha)p_{iL} - w] \leq \frac{2}{3} [A_H - 2p_{iH}^* + p_{eH}^*(p_{iH})] [(1-\alpha)p_{iH}^* - w] \quad (14)$$

同时,跟随者的定价满足:

$$p_{eH}^*(p_{iH}) = \arg \max_{p_{eH}} \frac{2}{3} (A_H - 2p_{eH} + p_{iH})$$

$$[(1-\alpha)p_{eH} - w] = \frac{1}{4} \left(A_H + p_{iH} + \frac{2w}{1-\alpha} \right) \quad (15)$$

$$p_{eL}^*(p_{iL}) = \arg \max_{p_{eL}} \frac{2}{3} (A_L - 2p_{eL} + p_{iL})$$

$$[(1-\alpha)p_{eL} - w] = \frac{1}{4} \left(A_L + p_{iL} + \frac{2w}{1-\alpha} \right) \quad (16)$$

高需求时,供应商一定泄露信息,符合完全信息下信息泄露博弈,结果同命题2。所以只需研究低需求下的信息泄露问题。将(16)式带入(12)式并整理得低需求下零售商利润函数为:

$$\pi_{iL} = \text{Max}_{p_{iL}} \left\{ \left[\frac{5}{6}A_L - \frac{7}{6}p_{iL} + \frac{w}{2(1-\alpha)} \right] [(1-\alpha)p_{iL} - w] \right\} \quad (17)$$

满足:

$$\frac{1}{3} \left(2A_H + \frac{1}{2}A_L - \frac{7}{2}p_{iL} + \frac{w}{1-\alpha} \right) [(1-\alpha)p_{iL} - w] \leq \frac{25[w - (1-\alpha)A_H]^2}{168(1-\alpha)} \quad (18)$$

设

$$\frac{1}{3} \left(2A_H + \frac{1}{2}A_L - \frac{7}{2}p_{iL} + \frac{w}{1-\alpha} \right) [(1-\alpha)p_{iL} - w] - \frac{25[w - (1-\alpha)A_H]^2}{168(1-\alpha)} \quad (19)$$

构造拉格朗日函数得 $f(p_{iL}, u) = A + uB$,且 $u \geq 0$ 。根据库恩-塔克条件,可得,

$$\frac{\partial f(p_{iL}, u)}{\partial p_{iL}} \leq 0 \Rightarrow \frac{3w}{2} + \frac{5(1-\alpha)A_L}{6} - \frac{7(1-\alpha)p_{iL}}{3} + u \left[\frac{2w}{3} - \frac{7(1-\alpha)p_{iL}}{6} + \frac{(1-\alpha)(4A_H + A_L)}{6} \right] \leq 0 \quad (20)$$

$$p_{iL} \frac{\partial f(p_{iL}, u)}{\partial p_{iL}} = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial f(p_{iL}, u)}{\partial u} \geq 0 \Rightarrow B \geq 0 \quad (22)$$

$$u \frac{\partial f(p_{iL}, u)}{\partial u} = 0 \quad (23)$$

由(20)式、(21)式得:当 $u=0$ 时,

$$p_{iL}^* = \frac{5}{14}A_L + \frac{9}{14} \frac{w}{1-\alpha}$$

带入(20)式得:

$$(A_H - A_L) \left[A_H - \frac{3}{5}A_L - \frac{2w}{5(1-\alpha)} \right] \leq 0$$

显然, $A_H - A_L > 0$, 令

$$\eta = \frac{A_H + \frac{w}{1-\alpha}}{A_L + \frac{w}{1-\alpha}}$$

则

$$A_H + \frac{w}{1-\alpha} - \frac{3}{5} \left(A_L + \frac{w}{1-\alpha} \right) \leq 0$$

两边同除以 $A_L + \frac{w}{1-\alpha}$ 得 $\eta \leq \frac{3}{5}$ 。由 (22) 式、(23) 式

得,当 $u > 0$ 时,

$$p_{il}^* = \frac{1}{7} \left\{ \frac{9w}{2(1-\alpha)} + \left(2A_H + \frac{1}{2}A_L \right) \pm \frac{1}{4} \sqrt{7(A_H - A_L) \left[\frac{10w}{1-\alpha} - (9A_H + A_L) \right]} \right\}$$

设定价取负号时为 p_{il}^{*1} , 取正号时为 p_{il}^{*2} , 将二者做差得收益 $\pi_{p_{il}^{*1}} \leq \pi_{p_{il}^{*2}}$ 。因此取高定价 p_{il}^{*2} 。带入 (16) 式可以确定

当 $\eta \leq \frac{3}{5}$ 时,

$$p_{eL}^* = \frac{37w}{24(1-\alpha)} + \frac{19A_L}{24}$$

当 $\eta > \frac{3}{5}$ 时,

$$p_{eL}^* = \frac{1}{112} \left(8A_H + 30A_L + \frac{74w}{1-\alpha} + \sqrt{7(A_H - A_L) \left(\frac{10w}{1-\alpha} - (9A_H + A_L) \right)} \right)$$

3 结束语

供应链参与者对需求信息掌握的准确性的差异影响着供应链上企业所采取的信息保有策略,而供应商对信息的处理直接影响着供应链上各个企业的利润。本文在文献[6]基础上,以 Bertrand 竞争为环境,对一般产品类型进行了不同均衡下的产品定价研究。本文的创新之处体现在:产品类型的选取不是一般的替代或互补

产品,而是取一般影响关系的产品进行研究;本文的不足之处为未对零售商的利润展开讨论,未对混合均衡下的各方行为展开分析,将另文研究。

参考文献:

- [1] Hau L, Lee V, Padmanabhan, Seungjin Whang. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect[J]. Management Science, 1997, 43(4): 546-558.
- [2] 包晓英, 周国华. 基于信息共享方式解决牛鞭效应的对策探讨[J]. 软科学, 2004, 18(2): 35-37.
- [3] Li L. Information sharing in a supply chain with horizontal competition[J]. Management Science, 2002, 48(9): 1196-1212.
- [4] Zhang H T. Vertical information exchange in a supply chain with duopoly retailers[J]. Production and Operations Management, 2002, 11(4): 531-546.
- [5] Li L, Zhang H T. Confidentiality and information sharing in supply chain coordination[J]. Management Science, 2008, 54(8): 1467-1481.
- [6] Anand K S, Goyal M. Strategic information management under leakage in a supply chain[J]. Management Science, 2009, 55(3): 438-452.
- [7] Kong G W, Rajagopalan S. Revenue Sharing and information Leakage in a Supply Chain[J]. Management Science, 2012, 55(3): 1-17.
- [8] 董绍辉. 供应链信息共享中的信息泄露问题研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.

Product Pricing Studies Under Information Leakage

QIU Xiao-ping, LI Ying-bo

(School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Information is valuable for the participants' interests and supply chain performance. A basic model includes one supplier and two retailers is established, which takes the supplier's choice of information leakage as the prerequisite. Different balanced pricing strategies of products are given under the situation of Bertrand Competition.

Key words: information leakage; pricing; Game Theory; supply chain