

基于零售商决策的供应链收益分配及风险弹性研究

刘家国, 李俊

(哈尔滨工程大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:为研究零售商不同决策情况下的定价推动型供应链各企业收益分配及其风险弹性问题,以博弈论的思想建立了由1个制造商和2个零售商组成的定价推动型供应链模型,分析各零售商不同的决策行为,构建各自的收益函数及其对成本的风险弹性,并给出了具体的数值模拟和分析.结果表明:供应链中,制造商和零售商的决策方式直接影响了他们的收益分配,制造商在零售商独立决策时候的收益更多,在零售商联合决策时候收益较少,而零售商的收益与制造商相反,另外在零售商联合决策的情况下,虽然零售商的收益增加,但供应链总体收益是减小的.最后,无论零售商是否同盟(联合决策),制造商和零售商的收益对成本风险弹性保持一致,因而只能通过扩大市场容量、减小需求弹性、降低产品成本来降低他们的风险弹性.

关键词:博弈论;供应链风险;收益分配;风险弹性;风险传递;零售商决策

doi:10.3969/j.issn.1006-7043.201103064

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1390.U.20120308.1613.008.html>

中图分类号:F224.9 文献标志码:A 文章编号:1006-7043(2012)03-0398-05

Research on profit distribution and risk elasticity in a supply chain based on retailers' decision

LIU Jiaguo, LI Jun

(College of Economics and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: To study the mechanism of profit distribution and profit risk elasticity in a price-driven supply chain, a price-driven supply chain model consisting of one manufacturer and two retailers was proposed based on game theory. Different decision behaviors of the retailers were analyzed, and their respective profit functions and risk elasticity to cost were developed; numerical simulation and analysis were given. It was found that the decision pattern of the manufacturer and retailers in the supply chain directly influences their distribution of income. The manufacturer will gain more when the retailers make decisions independently and less when the retailers make decisions jointly; the income of retailers, on the other hand, displays the opposite trend. Additionally, when the retailers make decisions jointly, though the retailers' income is increased, the overall income of the supply chain decreases. In the end, this paper pointed out that whether the retailers are in alliance or not, the income of manufacturer and retailers is in accordance with the cost risk elasticity. Therefore, the risk elasticity can only be reduced by expanding the market capacity, reducing demand elasticity and product cost.

Keywords: game theory; supply chain risk; profit distribution; risk elasticity; risk transmission; retailers' decision

2011年3月日本发生大地震导致日本汽车企业生产锐减,从日本进口的零件无法按时交货,通用汽车公司不得不关闭位于北美、西班牙、德国的数家工厂,预计2011年世界范围内汽车生产量可能下降30%之多.这次事件又一次把人们的视角转向了供

应链风险管理领域^[1]. 供应链风险可能来自企业内部,目前研究者认为识别供应链风险的来源是供应链风险管理的关键之处^[2-3]. Trkman等提出通过评估供应链商的特点、绩效、环境来识别供应链风险,并加以控制^[4]. Wu等认为供应链风险的识别过程更为重要^[5-6]. Neiger等构建了基于价值过程再造的供应链风险识别方法^[7-8]. 文献[9]通过Stackelberg博弈分析了制造商最优激励系数以及供应商最优质量风险防范水平的确定,发现效益转移激励模型能够促进供应链质量的改进及制造商收益的提高. 文献[10]认为供应链定价风险变化取决于市场

收稿日期:2011-03-28.

网络出版时间:2012-3-8 16:13.

基金项目:教育部高等学校博士点专项基金资助项目(200802171023);
教育部人文社会科学一般研究资助项目(11YJC630131);黑龙江
省自然科学基金资助项目(QC2009C26).

作者简介:刘家国(1979-),男,副教授,博士,E-mail:liujiaguo@hrbeu.edu.cn.

通信作者:刘家国.

容量,商品需求弹性和商品成本.在以上文献研究的基础上,本文考虑了一个制造商和多个零售商组成的供应链成本风险传递模型.由于模型中有多个零售商存在,所以它们可以选择多种决策方式,不同的决策方式将会影响他们收益函数以及收益对成本的风险弹性.本文尝试分析决策方式对供应链收益以及收益的风险的影响,本研究以1个制造商2个供应商为例,这更符合现实中供应链运作过程,本文的研究为供应链决策模式和风险管理等提供了有益的参考价值.

1 问题描述

定价推动型供应链的风险传递主要考虑突发事件引起的上游原材料成本变动传递至下游制造商、零售商时,引起其相关参数发生风险变动的过程.在定价推动型供应链中,风险传递的载体是价格,而突发事件风险与供应链结构耦合的结果是价格波动风险从上游向下游传递.

定价推动型供应链是以制造商为主导的供应链模型,此时制造商处于主导地位,整个供应链都是围绕制造商的成本决定其他要素的决策参数.如图1所示,本文考虑1个制造商和2个零售商组成的供应链成本风险传递模型.假设 C 为制造商的生产成本、 W 为制造商给零售商的批发价格、 P 为零售商给顾客的零售价格、 π_m 为制造商的收益函数、 π_i 为零售商 $i(i=1,2)$ 的收益函数、 Q_i 为零售商 $i(i=1,2)$ 的订货量、 Q_m 为制造商产量、 $Q(P_i)$ 为市场的预计需求量,当实际批发价格与 P^* 有偏差时,各收益将会有波动,风险随之产生.以二级供应链为例,图1中,2个零售商根据需求预报 $Q(P_i)$ 向制造商订购批量为 Q_i 的产品,制造商根据零售商的订货以单价 W 向零售商供货,零售商单价 P 销售.在突发事件引起制造商成本波动时,制造商和零售商最优定价问题可以转化为定价博弈问题求解.

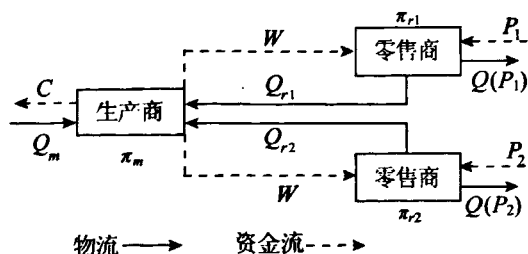


图1 1个制造商和2个零售商组成的定价推动型供应链
Fig.1 Price-driven supply chain consisting of one manufacturer and two retailers

2 模型构建

2.1 相关假设

为研究方便,对本文供应链风险传递模型做出

以下基本假设:

1) 制造商与零售商之间为完全信息对称,零售商独立决策情况下为非完全信息对称,联合决策情况为完全信息对称;

2) 在定价推动型供应链中,价格按照一定的规则自上游往下依次确定;

3) 需求稳定,且与价格成线性递减关系;

4) 制造商的生产成本具有不确定性,会随着内外突发事件作出较大波动.

2.2 零售商独立决策情况

如图2所示,零售商独立决策时,在零售市场上有A、B 2个零售商,他们共同销售该产品,他们的零售价格分别为 P_1 、 P_2 ,且他们均从同一个制造商采购,制造商的生产成本为 C ,销售价格为 W ,且 $P_1, P_2 > W > C$.假定他们的各自零售量(采购量)分别为

$$Q_{r1} = Q(P_1, P_2) = M - \alpha P_1 + \beta P_2, \quad (1)$$

$$Q_{r2} = Q(P_2, P_1) = M - \alpha P_2 + \beta P_1. \quad (2)$$

式中: M 为市场的总需求量, α, β 为价格敏感系数,且有 $M > \alpha P_1, M > \alpha P_2$,制造商产量为: $Q_m = Q_{r1} + Q_{r2}$,此时零售商,制造商各自收益函数分别为

$$\pi_{r1} = (P_1 - W)Q(P_1) = (P_1 - W)(M - \alpha P_1 + \beta P_2), \quad (3)$$

$$\pi_{r2} = (P_2 - W)Q(P_2) = (P_2 - W)(M - \alpha P_2 + \beta P_1), \quad (4)$$

$$\pi_m = (W - C)(Q(P_1) + Q(P_2)). \quad (5)$$

在定价推动型供应链中,制造商处于主导地位,制造商根据生产成本 C 确定给零售商的批发价格 W ,零售商根据给定的 W ,根据自身利益最大化的要求确定产品的零售价格 P .所以整个博弈可以利用Stackelberg模型解释.当此模型中有多个零售商,导致零售商之间是存在一种博弈关系.由于零售商之间是完全独立决策,即不存在信息沟通,此时他们的博弈过程可以Cournot模型解释.所以整个博弈的第1阶段是零售商之间的博弈.此时2个零售商追求其各自最大收益,并选择最优零售价格 P_i^* ,由于

$$\frac{\partial^2 \pi_i}{\partial P_i^2} < 0, \text{ 所以令 } \begin{cases} \frac{\partial \pi_{r1}}{\partial P_1} = 0 \\ \frac{\partial \pi_{r2}}{\partial P_2} = 0 \end{cases}, \text{ 整理得 } \begin{cases} 2\alpha P_1 - \beta P_2 = M + \alpha W \\ 2\alpha P_2 - \beta P_1 = M + \alpha W \end{cases}, \text{ 解得:}$$

$$P_1^* = P_2^* = \frac{M + \alpha W}{2\alpha - \beta}. \quad (6)$$

代入式(1)、(2)得:

$$Q_i = \frac{\alpha}{2\alpha - \beta}(M - (\alpha - \beta)W). \quad (7)$$

代入式(5)得:

$$\pi_m = \frac{2\alpha}{2\alpha - \beta} (W - C)(M - (\alpha - \beta)W).$$

由于 $\partial^2 \pi_m / \partial W^2 < 0$, 所以令 $\partial \pi_m / \partial W = 0$ 可知最优批发价格为

$$W^* = \frac{1}{2} \left(\frac{M}{\alpha - \beta} + C \right). \quad (8)$$

代入式(6)得

$$P_i^* = \frac{m(3\alpha - 2\beta)}{2(\alpha - \beta)(2\alpha - \beta)} + \frac{\alpha C}{2\alpha - \beta}. \quad (9)$$

式(8)、(9)代入式(3)、(4)、(5)得零售商, 制造商各自收益分别为

$$\pi_{ri}^* = \alpha \left(\frac{M - (\alpha - \beta)C}{2(2\alpha - \beta)} \right)^2, \quad (10)$$

$$\pi_m^* = \frac{\alpha(M - (\alpha - \beta)C)^2}{2(\alpha - \beta)(2\alpha - \beta)}. \quad (11)$$

根据式(10)、(11)分别求制造商和零售商收益对定价风险的弹性系数为

$$S_{\pi_{ri}C} = \frac{\partial \pi_{ri}}{\partial C} \frac{C}{\pi_{ri}} = -\frac{2(\alpha - \beta)C}{M - (\alpha - \beta)C}, \quad (12)$$

$$S_{\pi_m C} = \frac{\partial \pi_m}{\partial C} \frac{C}{\pi_m} = -\frac{2(\alpha - \beta)C}{M - (\alpha - \beta)C}. \quad (13)$$

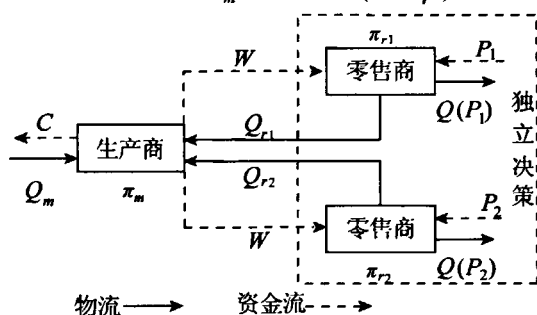


图2 零售商独立决策情况下定价推动型供应链系统

Fig.2 Price-driven supply chain when retailers make decisions independently

2.3 零售商联合决策情况

如图3所示,在此零售商联合决策的情况下,所有除零售商决策方式与2.2节中情况不同,其他假设均保持一致。在博弈的第一阶段,零售商决定他们最有零售价格,此时2个零售商联合收益函数为二者收益函数之和 $\pi_r = \pi_{r1} + \pi_{r2}$, 即

$$\pi_r = 2(P - W)(M - \alpha P + \beta P). \quad (14)$$

由于 $\partial^2 \pi_r / \partial P^2 < 0$, 可知最有价格 P^* 在 $\partial \pi_r / \partial P$ 时取得, 即

$$P^* = \frac{M + (\alpha - \beta)W}{2(\alpha - \beta)}. \quad (15)$$

按照 Stackelberg 博弈的假设, 制造商能观察到零售商的最有价格, 并且零售商会选择这一价格进行销售。式(15)代入式(1)、(2), 可得零售商的销量为

$$Q_{ri} = \frac{M - (\alpha - \beta)W}{2}. \quad (16)$$

代入式(3)得制造商的收益函数:

$$\pi_m = (W - C)(M - (\alpha - \beta)W).$$

由于 $\partial^2 \pi_m / \partial W^2 < 0$, 可知最优批发价格 W^* 在 $\partial \pi_m / \partial W = 0$ 时取得, 即

$$W^* = \frac{M + (\alpha - \beta)C}{2(\alpha - \beta)}. \quad (17)$$

式(17)代入式(15), 可得最重最有零售价格 $P^* = ((\alpha - \beta)C + 3M) / 4(\alpha - \beta)$ 。进一步求得零售商和制造商的收益分别为

$$\pi_{ri}^* = \frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{16(\alpha - \beta)}, \quad (18)$$

$$\pi_m^* = \frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{4(\alpha - \beta)}. \quad (19)$$

根据式(18)、(19)分别求制造商和零售商收益对定价风险的弹性系数, 发现结果跟2.2节中的结果一致, 且为

$$S_{\pi_{ri}C} = \frac{\partial \pi_{ri}}{\partial C} \frac{C}{\pi_{ri}} = -\frac{2(\alpha - \beta)C}{M - (\alpha - \beta)C}, \quad (20)$$

$$S_{\pi_m C} = \frac{\partial \pi_m}{\partial C} \frac{C}{\pi_m} = -\frac{2(\alpha - \beta)C}{M - (\alpha - \beta)C}. \quad (21)$$

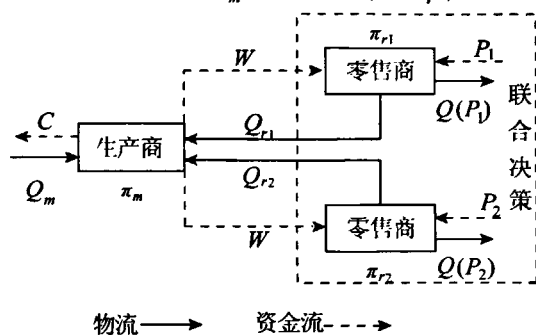


图3 零售商联合决策情况下定价推动型供应链系统

Fig.3 Price-driven supply chain when retailers make decisions jointly

3 模型讨论及算例分析

3.1 收益分配

从上节的模型可以看出在制造环节, 制造商为垄断市场, 在零售环节为自由竞争市场。按照 Stackelberg 博弈的结果, 容易证明在无论零售商独立决策, 还是联合决策, 2个零售商的收益之和都不比制造商的收益大即: $\pi_m^* > \pi_{r1}^* + \pi_{r2}^*$, 这说明制造商在博弈过程中占有绝对优势。但是比较他们前后2次各自收益发现, 对于零售商来说, 联合决策优于独立决策; 对于制造商来说, 联合决策劣于独立决策。

比较零售商前后收益的变化, 式(18) - 式(10)得

$$\begin{aligned} \pi_{ri}^* - \pi_{ri}^* &= \frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{16(\alpha - \beta)} - \alpha \left(\frac{M - (\alpha - \beta)C}{2(2\alpha - \beta)} \right)^2 = \\ &= \frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{4} \left(\frac{1}{4(\alpha - \beta)} - \frac{\alpha}{(2\alpha - \beta)^2} \right) = \end{aligned}$$

$$\frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{4} \frac{\beta^2}{2(\alpha - \beta)(2\alpha - \beta)^2} =$$

$$\left(\frac{(M - (\alpha - \beta)C)\beta}{2(2\alpha - \beta)} \right)^2 \frac{1}{2(\alpha - \beta)} \geq 0$$

所以 $\pi_n' > \pi_n^*$, 即对零售商来说, 联合决策收益大于独立决策收益。

再比较制造商前后收益的变化, 式(19) - 式(11)得

$$\pi_m'^* - \pi_m^* = \frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{4(\alpha - \beta)} - \frac{\alpha(M - (\alpha - \beta)C)^2}{2(\alpha - \beta)(2\alpha - \beta)} =$$

$$\frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{4(\alpha - \beta)} \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\alpha - \beta} \right) =$$

$$\frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{2(\alpha - \beta)} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2 - \beta/\alpha} \right) \leq 0$$

所以, $\pi_m' \leq \pi_m^*$, 即对制造商来说, 联合决策收益劣于独立决策收益。另外, 在零售商联合决策情况下, 制造商的收益正好是零售商收益和的2倍, 即 $\pi_m^* / \sum \pi_n^* = 2$, 但在独立决策的时候 $\pi_m' / \sum \pi_n' = (2\alpha - \beta) / (\alpha - \beta) = 2 + \beta / (\alpha - \beta) > 2$, 这也说明零售商独立决策时候, 制造商在系统中的收益更大。

最后, 比较不同决策模式下供应链的总体收益情况。用零售商联合决策情况下供应链总体收益减去独立决策时供应链总体收益得

$$\Delta\pi = (\pi_m' + \sum \pi_n') - (\pi_m^* + \sum \pi_n^*) =$$

$$\left[\frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{4(\alpha - \beta)} + 2 \frac{(M - (\alpha - \beta)C)^2}{16(\alpha - \beta)} \right] -$$

$$\left[\frac{\alpha(M - (\alpha - \beta)C)^2}{2(\alpha - \beta)(2\alpha - \beta)} + 2\alpha \left(\frac{M - (\alpha - \beta)C}{2(2\alpha - \beta)} \right)^2 \right] =$$

$$-\frac{\beta(4\alpha - 3\beta)}{8(\alpha - \beta)} \left(\frac{M - (\alpha - \beta)C}{2\alpha - \beta} \right)^2 \leq 0.$$

由计算结果可以看出, 零售商联合决策情况下供应链总体收益反而小于独立决策时的结果, 究其原因他们为了自己的利益与制造商抗衡的结果, 这也表明供应链利益存在冲突, 需要协调以达到供应链总体最大收益。

3.2 风险传递情况

对于不同的零售商决策方式, 虽然零售商和制造商的收益分配不一致, 但是他们的成本风险函数却保持相对一致, 即: $S = S_{\pi_n C} = S_{\pi_m C} = S'_{\pi_n C} = S'_{\pi_m C}$, 这说明他们收益风险变化速率是一致的。模型假设中有 $M > (\alpha - \beta)C$ 且 $\alpha > \beta$, 因此 $S < 0$, 这说明生产成本风险波动对零售商和制造商的赢利具有反向传递作用, 这也是符合现实规律的, 即生产成本增加1%, 制造商和零售商的收益均会减少相同的百分比 $2(\alpha - \beta)C / (M - (\alpha - \beta)C)$, 至于风险波动效应是增强的还是减弱, 取决于 M 与 $(\alpha - \beta)C$ 的关系, 这里的 $(\alpha - \beta)$ 相当于一个联合需求弹性。综上对于2

阶段供应链(企业间), 基本结论如下:

1) 当 $M < 3(\alpha - \beta)C$ 时, 有 $|S| > 1$, 说明成本风险对制造商和零售商收益的传递效应加强, 生产成本发生波动的风险传递至制造商和零售商的最终赢利时, 整个供应链将以大于成本变动率的波动幅度引起制造商和零售商的收益波动;

2) 当 $M > 3(\alpha - \beta)C$ 时, 有 $|S| < 1$, 说明成本风险对制造商和零售商收益的传递效应减弱, 生产成本发生波动的风险传递至制造商和零售商的最终赢利时, 整个供应链将以小于成本变动率的波动幅度引起制造商和零售商的收益波动;

3) 当 $M = 3(\alpha - \beta)C$ 时, 有 $|S| = 1$, 说明成本风险对制造商和零售商收益的传递效应相当, 生产成本发生波动的风险传递至制造商和零售商的最终赢利时, 赢利的波动幅度与成本的波动幅度相当。

3.3 多级风险传递情况

当风险在供应链内部传递时, 风险每经过一个阶段可能有3种变化可能: 风险加强、风险不变、风险减弱。经过多个阶段的传递, 供应链风险可能消失, 如图4下半部分为风险逐渐消失的区域; 同样风险也可能扩散开来, 造成大规模的影响, 如图4中风险逐渐增强区域所示。

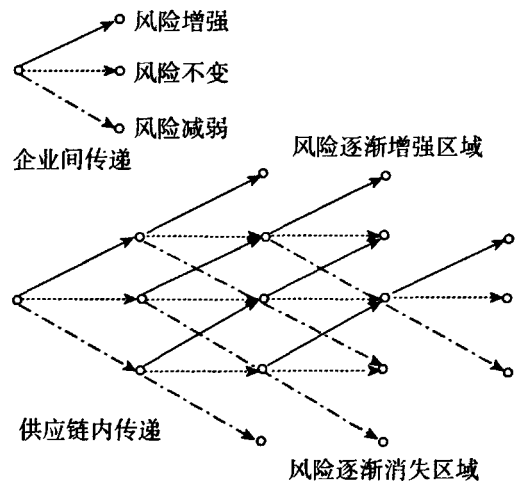


图4 风险在企业间和供应链内传递示意

Fig. 4 Risk transfer in firms and supply chain

3.4 算例分析

下面对制造商和零售商收益风险弹性影响因素进行分析。按照表1中的参数, 如图5所示, 随着生产成本的增加, 他们的收益风险弹性 $|S|$ 逐渐增加。比较不同水平的联合需求弹性可以看出, 当联合需求弹性比较大的时候收益风险弹性 $|S|$ 变化速率比较大, 而当联合需求弹性比较小的时候, 生产成本对收益风险弹性的影响要小的多。即当联合需求稳定的时候, 收益风险弹性 $|S|$ 变化较小。

表1 成本变化时的参数设置

Table 1 Parameters of the simulation when cost is changing

参数	C	M	$\alpha - \beta$
值	[100, 400]	5 000	[1, 8]

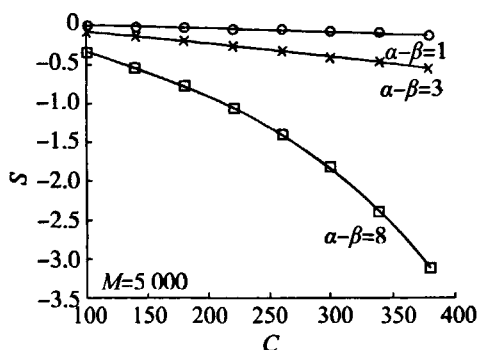


图5 供应链收益对成本的风险弹性运行结果

Fig.5 Simulation of profit of SC to cost risk

同样,按照表2中的参数设置,保持 $C=200$,分析市场容量对收益风险弹性的影响.由图6可以看出随着市场容量的增加,收益风险弹性 $|S|$ 逐渐减小.同样,当联合需求弹性比较大的时候,市场容量对收益风险弹性的影响比较大,而当联合需求弹性比较小的时候,市场容量对收益风险弹性的影响要小的多.因此,扩大需求总量和减小需求敏感系数有利于减少供应链收益对成本的风险反应,而把握消费者的需求倾向对于削弱成本风险具有更重要的意义.另外,对于市场容量大的产品(例如普通耐用品),其供应链收益风险弹性相对较小,而对于市场容量较小的产品(例如奢侈品),其供应链收益风险弹性较大.

表2 市场容量变化时的参数设置

Table 2 Parameters of the simulation when market capacity is changing

参数	C	M	$\alpha - \beta$
值	200	[4 000, 10 000]	[1, 8]

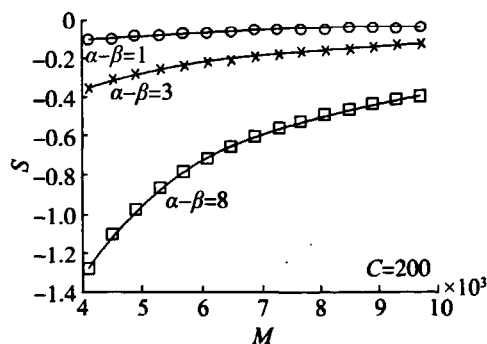


图6 供应链收益对市场容量的风险弹性运行结果

Fig.6 Simulation of profit of SC to market capacity risk

4 结论

本文主要研究了定价推动型的供应链中收益分配及其风险传递机制.文章构建了1个制造商和2个零售商模型,零售商可以选择独立决策和联合决策两种方式.研究发现在零售商不同的决策方式下,供应链总收益以及收益分配情况不同.联合决策对零售商个体收益有益,但却损害了供应链整体利益.但供应链内的决策方式对供应链风险弹性没有任何改变.也就是说决策方式只能改变供应链收益的分配情况.对于风险控制只能选择扩大市场容量,减小产品需求弹性,降低产品成本3种方式.对于未来的研究可以考虑多个制造商同时生产产品的情形下供应链利润分配情况及成本风险传递的规律.

参考文献:

- [1] BONNEY J. Disaster reaches the supply chain[J]. Journal of Commerce, 2011, 13(12): 10-16.
- [2] KLEINDORFER P R, SAAD G H. Managing disruption risks in supply chains[J]. Production and Operations Management, 2005, 14(1): 53-68.
- [3] NARASIMHAN R, TALLURI S. Perspectives on risk management in supply chains [J]. Journal of Operations Management, 2009, 27(2): 114-118.
- [4] TRKMAN P, MCCORMACK K. Supply chain risk in turbulent environments—a conceptual model for managing supply chain network risk[J]. International Journal of Production Economics, 2009, 119(2): 247-258.
- [5] WU T, BLACKHURST J, CHIDAMBARAM V. A model for inbound supply risk analysis[J]. Computers in Industry, 2006, 57(4): 350-365.
- [6] HALLIKAS J, KARVONEN I, PULKKINEN U, et al. Risk management processes in supplier networks[J]. International Journal of Production Economics, 2004, 90(1): 47-58.
- [7] NEIGER D, ROTARU K, CHURILLOV K. Supply chain risk identification with value-focused [J]. Journal of Operations Management, 2009, 27(4): 154-168.
- [8] NEIGER D, CHURILLOV L. Goal-oriented and business process modeling with EPCs and value-focused thinking [C]// Business Process Management, LNCS. Berlin: Springer, 2004: 98-115.
- [9] 盛锋, 陆志强. 基于效益转移激励的供应链质量改进模型研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2011, 16(6): 114-117, 123.
SHEN Feng, LU Zhiqiang. Study of quality improvement model of supply chain based on benefit transfer incentive [J]. Journal of Harbin University of Science and Technology, 2011, 16(6): 114-117, 123.
- [10] 刘家国. 供应链突发事件需求风险传递机制研究[J]. 运筹与管理, 2011, 20(5): 1-6.
LIU Jianguo. Model of emergencies risk transmission in demand-pull supply chain [J]. Operations Research and Management Science, 2011, 20(5): 1-6.

[责任编辑:王亚秋]