

文章编号:1002-980X(2007)11-0066-04

基于不对称需求信息的激励机制模型研究

冉翠玲, 杨桂元

(安徽财经大学 统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233030)

摘要:针对由单制造商和单销售商组成的供应链,提出了供应链双方需求信息对称情况下的激励机制模型,并在此基础上建立了供应链双方在需求信息不对称情况下的运作策略模型。制造商通过折扣,运用激励相容机制使销售商诚实申报需求信息,使得供应链利润最大化的同时供应链成员实现双赢。数字试验结果表明:所提策略是有效的;该策略不仅能提高制造商利润,而且也能改善销售商的利润。

关键词:供应链管理;需求信息不对称;激励相容机制;折扣策略;仿真

中图分类号:O227 **文献标志码:**A

目前大多数供应链研究集中在如何找到供应链最优解方面,提高供应链效率。然而这种研究总是隐含地假设供应链成员能够自动地接受这种供应链联合最优的决策。在实际中,供应链是由若干个利益完全独立的企业通过联盟或合作组成。供应链联合最优的决策对各个成员来说不一定是最优。

在确定需求的供应链生产、营销研究领域,很多学者围绕 EOQ 模型设计了各种激励机制,其中主要是各种价格折扣。这些传统的批量折扣研究均以双方信息公开为假设,即不存在信息不对称情况。但在实际的供应链中,经常不能确切的知道对方的信息,因而在合作过程中,某一成员可能出于个人目的而采取欺骗行为。因此传统的信息完全对称假设下的批量折扣机制,必须针对信息不对称情况重新设计。在弹性需求情况下,目前开展类似研究还不多见:Lee 和 Whang^[1] 针对一个串行供应链,提出一种可实现全局最优的激励机制 Cachon 和 Zipkin^[2] 进一步给出了基于线性契约的合作激励相容机制,使供应链成员可以达到一个最优的 Nash 均衡点。

本文针对一个制造商和一个销售商构成的弹性需求的供应链,分析了当制造商和销售商在信息不对称下的情况,并根据供应链联合最优的决策局势,在基本假设的前提下,以制造商的利润最大化为目

标,把销售商的个体理性作为约束条件进行建模,给出了最优合作激励机制模型。

1 记号与假设

考虑由一个制造商 M 和一个销售商 R 组成的两层供应链,其中 M 批发产品给销售商 R ,而 R 直接将产品卖给顾客,并假设 M 为该链的领导者;

制造商的生产成本 c 不变;

不考虑缺货成本;

最终顾客需求具有价格弹性,假设弹性需求曲线为: $D = D_0 p^{-k}$ 其中: D_0 为规模常量, p 为销售商的销售价, $k > 1$;

不考虑运输费;

最终销售价是在批发价的基础上增加一定百分比得到的;

销售商采用 EOQ 定货策略;

制造商和销售商都是风险中性者;

D 和 D_β 分别是无折扣和有折扣时的顾客年需求;

β 是制造商提供给销售商的折扣率(%) ;

p_R 、 p_M 、 p_β 分别是销售商的销售价,制造商的批发价和有折扣的制造商的批发价;

Q 为无折扣的销售商 EOQ 的订购量;

m 有折扣时,销售商的新订购量为原订购量的

收稿日期:2007-05-25

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金(kj2007b084);安徽财经大学青年教师科研项目(ACKYQ0727)

作者简介:冉翠玲(1980—),女,安徽灵璧人,安徽财经大学统计与应用数学学院助教,硕士,研究方向:运筹与决策(物流与供应链管理);杨桂元(1957—),男,安徽萧县人,安徽财经大学统计与应用数学学院数量经济研究所所长,教授,研究方向:数量经济、管理学等。

倍数, $(m > 1)$;

K_R 、 K 分别是销售商、制造商的每次订购费和运作费;

K_M 是制造商每次处理销售商定货所付的订购费;

h_R 、 h_M 分别是销售商和制造商的单位平均库存持有成本占单位批发价和单位生产成本的百分比(%) ;

c 为制造商生产成本;

Π_{R2} 、 Π_{R1} 分别是销售商有无折扣时的年利润;

Π_{M2} 、 Π_{M1} 分别是制造商有无折扣时的年利润。

2 数学模型

2.1 供应链系统描述

本文所讨论的供应链是由一个制造商 (M) 和一个销售商 (R) 组成。在没有合作的情况下, 销售商独立地决定自己的每次订购量 Q , 供应商根据销售商的订购量生产产品。在合作情况下, 制造商提供折扣诱使销售商的订购量增大。当折扣因子 β 与销售商的需求有关时, 销售商为了得到额外的优惠就可能假报其需求, 导致联合失败。因此必须根据这种信息不对称的情况, 制造商设计激励相容机制使销售商参与此机制并且不能谎报需求 D 。根据信息揭示原理^[3], 只需要找到销售商说真话的直接动机。

2.2 对称信息下的模型

当制造商没有提供价格折扣时, 销售商的年利润 Π_{R1} 等于销售收入减去库存持有成本、每次订购费:

$$\Pi_{R1} = (p_R - p_M) \cdot D - h_R \cdot p_M \cdot \frac{Q}{2} - K_R \cdot \frac{D}{Q} \quad (1)$$

其中 $p_R = \alpha \cdot p_M$, 制造商没有提供折扣, 因此 (1) 中 $p_R = \alpha \cdot p_M$ ($\alpha \geq 1$)。

假设制造商的批发价 $\beta \cdot p_M$ ($0 < \beta < 1$) 时, 销售商的零售价 $p_R = \alpha \cdot \beta \cdot p_M$ ($\alpha \geq 1$)

根据 EOQ 模型得销售商 R 的最优批量 Q^* :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2K_R \cdot D}{h_R \cdot p_M}} \quad (2)$$

考虑顾客需求具有价格弹性, 假设制造商提供折扣前的年需求 $D = D_0 \cdot p_R^{-k} = D_0 (\alpha p_M)^{-k}$;

制造商提供折扣后的年需求 $D_\beta = D_0 \cdot (\alpha \cdot p_M \cdot \beta)^{-k} = D \cdot \beta^{-k}$

其中: D_0 为规模常量, $k > 1$ 。

假设制造商提供折扣时, 销售商的订购量由 Q 增加到 mQ ($m > 1$) 此时销售商的利润:

$$\Pi_{R2} - \Pi_{R1} = (p_R - \beta \cdot p_M) \cdot D_\beta - h_R \cdot \beta \cdot p_M$$

$$- \frac{mQ}{2} - K_R \cdot \frac{D_\beta}{mQ}$$

把 $p_R = \alpha \cdot \beta \cdot p_M$, $Q^* = \sqrt{\frac{2K_R \cdot D}{h_R \cdot p_M}}$, $D_\beta = D \cdot \beta^{-k}$ 带入上式并整理化简得:

$$\Pi_{R2} = (\alpha - 1) \cdot p_M \cdot D \cdot \beta^{-k+1} - \frac{2K_R \cdot D}{\sqrt{h_R \cdot p_M}} \cdot h_R \cdot p_M \left(\frac{m\beta}{2} + \frac{\beta^{-k}}{2m} \right) \quad (4)$$

对 (4) 求关于 m 的二阶偏导数, 有:

$$\frac{d^2 \Pi_{R2}}{dm^2} = -h_R \cdot p_M \cdot \frac{2K_R \cdot D}{\sqrt{h_R \cdot p_M}} \cdot \frac{\beta^{-k}}{m^3} < 0,$$

故可通过对 (4) 求关于 m 的一阶偏导, 并令

$$\frac{d \Pi_{R2}}{dm} = 0, \text{ 可找到使销售商的利润最大的 } m, \text{ 即}$$

$$m = \beta^{-\frac{k+1}{2}} \quad (5)$$

因为销售商为风险中性者, 必然追求 Pareto 最优, 要求利润不减少, 即 $\Pi_{R2} \geq \Pi_{R1}$, 只有条件满足, 销售商才会接受制造商的折扣方案:

$$(\alpha - 1) \cdot p_M \cdot D \cdot \beta^{-k+1} - h_R \cdot p_M \cdot \frac{2K_R \cdot D}{\sqrt{h_R \cdot p_M}} \cdot \left(\frac{m \cdot \beta}{2} + \frac{\beta^{-k}}{2m} \right) \geq (p_R - p_M) \cdot D - h_R \cdot p_M \cdot \frac{Q^*}{2} - K_R \cdot \frac{D}{Q^*}$$

$$\text{把 (5) 带入上式并化简: } \beta^{-\frac{k+1}{2}} \geq \frac{(\alpha - 1) \cdot D}{h_R \cdot Q^*} - 1 \quad (6)$$

因此制造商最终所提出的折扣策略应以上式作为约束条件。

一般情况下, 制造商的订购批量应是销售商的订购量的整数倍 (用 n 表示), 即制造商的生产批量 nmQ ($n > 1$), 则制造商的平均库存为: $\frac{(n-1) \cdot mQ}{2}$ ^[4]。

假设^[3] $h_M = \frac{h_R \cdot p_M}{C}$, 当制造商提供折扣前, 制造商的利润等于销售收入减去生产成本、库存持有成本、每次运作费、每次订购费:

$$\Pi_{M1} = (p_M - C) \cdot D - K \cdot \frac{D}{nQ} - K_M \cdot \frac{D}{Q} - h_M \cdot C \cdot \frac{(n-1) \cdot Q}{2} = (p_M - C) \cdot D - K \cdot \frac{D}{nQ} - K_M \cdot \frac{D}{Q} - h_R \cdot p_M \cdot \frac{(n-1) \cdot Q}{2} \quad (7)$$

当制造商提供折扣率 β , 批发价 $\beta \cdot p_M$ 时, 制造商的利润:

$$\Pi_{M2} = (\beta \cdot p_M - C) D_\beta - K \cdot \frac{D_\beta}{nmQ} - K_M \cdot \frac{D_\beta}{mQ}$$

- h_M \cdot C \cdot \frac{(n-1) \cdot mQ}{2} = (\beta \cdot p_M - C) \cdot D_\beta - K \cdot

\frac{D_\beta}{nmQ} - K_M \cdot \frac{D_\beta}{mQ} - h_R \cdot p_M \cdot \frac{(n-1) \cdot mQ}{2}

把 D_\beta = D \cdot \beta^{-k} 带入上式整理并化简:

\Pi_{M2} = p_M \cdot D \cdot \beta^{-k+1} - C \cdot D \cdot \beta^{-k} - \frac{D \cdot \beta^{-k}}{nmQ} \cdot (K + n \cdot K_M) - h_R \cdot p_M \cdot \frac{(n-1) \cdot mQ}{2} \tag{8}

对(8)式求关于 n 的二阶偏导,易知 \frac{d^2 \Pi_{M2}}{dn^2} = - \frac{2D \cdot \beta^{-k}}{m \cdot Q \cdot n^3} \cdot K < 0,

所以对(8)求关于 n 的一阶偏导并令 \frac{d \Pi_{M2}}{dn} = 0,可找到使制造商利润最大的 n,即 n = \frac{1}{mQ} \cdot \sqrt{\frac{2D \cdot \beta^{-k}}{h_R \cdot p_M}} \cdot K,

把(5)式带入上式并化简得: n = \sqrt{\frac{K}{K_R}} \cdot \beta (在实际计算中 n 取整数) \tag{9}

因为制造商使自己利润最大,可以在 [0, 1] 对 \beta 搜索,找到使自己最大的 \beta 作为制造商的最优折扣策略。

2.3 信息不对称模型

在一般情况下,制造商并不和顾客直接接触,所以对顾客的需求知识来自销售商的申报。由于销售商预测到将来根据自己的申报的弹性需求决定优惠的折扣,他就可能隐瞒自己真实的类型,从而享受额外的优惠策略,最终导致联合策略失败。如果销售商接受上述折扣方案,其订购量必然是原来的 m 倍,假设销售商得不到折扣或补偿,他的利润必然减少。如果谎报将得不到折扣,因此他必然不会隐瞒自己的真实类型,即说真话。根据信息揭示原理,只需要找到销售商说真话的直接动机机制。

假设销售商的真实需求 D, 销售商知道真正的 D, 但销售商的申报值为 D_f, 则制造商根据销售商的申报值 D_f 确定折扣点的订购量 Q_f 及折扣率,即 U(\beta_f):

- (a) 当 Q \geq Q_f 时,制造商给予折扣率 \beta_f
- (b) 当 Q < Q_f 时,制造商不给予折扣

通过上述 U(\beta_f) 机制,供应商和销售商在追求各自自身利益最大化的同时,也会使得供应链整体利益达到最大。

2.4 建立激励相容机制模型

通过以上对供应商和销售商的需求信息不对称

理论的分析,我们可得出如下的激励相容机制模型:

Max_{\beta, D(\beta)} \left[p_M \cdot D \cdot \beta^{-k+1} - C \cdot D \cdot \beta^{-k} - \frac{D \cdot \beta^{-k}}{nmQ} \cdot (K + n \cdot K_M) - h_R \cdot p_M \cdot \frac{(n-1) \cdot mQ}{2} \right]

s. t. (IR) (I) \Pi_{R2} \geq \Pi_{R1} 即: \beta^{-\frac{k-1}{2}} \geq \frac{(\alpha-1)D}{h_R Q} - 1

() : \Pi_{M2} \geq \Pi_{M1} 即: p_M \cdot D \cdot \beta^{-k+1} - C \cdot D \cdot \beta^{-k} - \frac{D \cdot \beta^{-k}}{nmQ} \cdot (K + n \cdot K_M) - h_R \cdot p_M \cdot \frac{(n-1) \cdot mQ}{2} \geq (p_M - C) \cdot D - K \cdot \frac{D}{nQ} - K_M \cdot \frac{D}{Q} - h_R \cdot p_M \cdot \frac{(n-1) \cdot Q}{2}

(IC) (\alpha-1) \cdot p_M \cdot D \cdot \beta^{-k+1} - \sqrt{\frac{2K_R \cdot D}{h_R \cdot p_M}} \cdot h_R \cdot p_M \left(\frac{m\beta}{2} + \frac{\beta^{-k}}{2m} \right) \geq (\alpha-1) \cdot p_M \cdot D_f \cdot \beta_f^{-k+1} - \sqrt{\frac{2K_R \cdot D_f}{h_R \cdot p_M}} \cdot h_R \cdot p_M \left(\frac{m \cdot \beta_f}{2} + \frac{\beta_f^{-k}}{2m} \right)

上述第一个约束条件 (IR) 是销售商/制造商的参与性约束即:双方接受此方案的利润大于原来没有这个机制时的不合作利润,第二个约束条件 (IC) 是销售商的激励相容约束,表示销售商在接受此机制时,说真话得到的利润最大。

3 数字例子与灵敏度分析

为了说明上述激励机制模型的有效性,本文考虑下列数字例子:

模型中用到的参数值如表 1 所示。

表 1 模型所用的参数值

符号	c	\alpha	K_R	K	K_M	k	p	h_R
参数值	180	1.3	30	100	300	3	400	0.05

销售商的年需求 D = 500。将上表中的数值带入模型中,有 Q = \sqrt{\frac{2K_R \cdot D}{h_R \cdot p_M}} = 39

利用 MATLAB 软件,容易得到制造商的最优折扣率: \beta = 71\%, m = 2, n = 2

\Pi_{R1} = 5.9225 \times 10^4; \Pi_{R2} = 1.1631 \times 10^5;

\Pi_{M1} = 1.0512 \times 10^5; \Pi_{M2} = 1.3824 \times 10^5;

由以上计算可知,销售商诚实申报年需求将得到折扣后,其利润上升了 96.39%,制造商也从中获利,利润提高了 31.51%,而供应链的利润则提高了 54.89%。这说明在供应链中制造商提供折扣是激

励销售商的一种很好的方案。

当制造商不知道销售商的需求 D , 由销售商申报, 而销售商预测到将来根据自己的申报的需求决定优惠的折扣, 就可能隐瞒自己的真实类型, 从而享受额外的收益。图 1 为当真实的需求 $D = 500$ 时, 随着 D_f 变化, 销售商的利润的变化情况。从图 1 可以看到: 在 $D_f = D$ 时, 销售商的利润 Π_{R2} 达到其最大值。说明在此激励机制下, 销售商一定不会谎报自己的真实需求量。

图 2 是当需求弹性因子 k 变化时, 制造商/销售商基于价格折扣的利润曲线图。由图 2 可知:

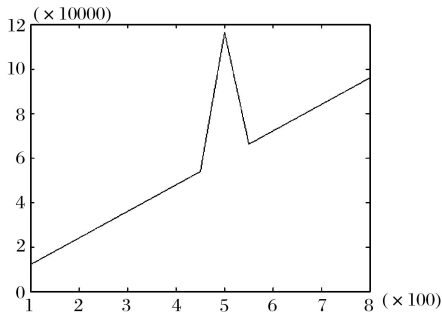


图 1 销售商的需求 - 利润曲线

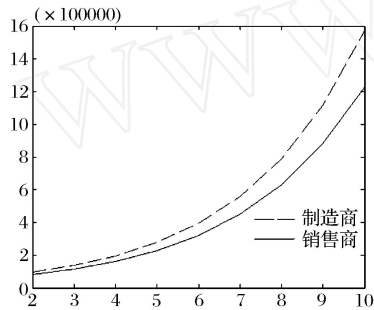


图 2 需求弹性因子 k 灵敏度分析

该产品的价格弹性越高, 制造商/销售商和供应链基于价格折扣的获益就越大。

图 3 是当销售商的利润率 α 变化时, 制造商相应的策略变化, 即折扣率 β 的变化。由图 3 有: 当销售商的利润率 α 增大时, 制造商的折扣率就会变小, 以使自己的利润达到最大, 同时也使销售商的利润比原来的好, 实现双赢。

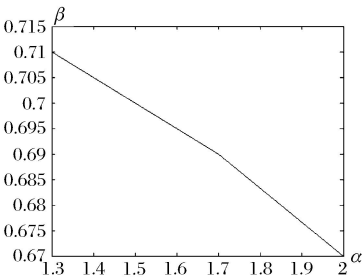


图 3 当 α 变化时制造商的折扣策略 β 的变化情况

4 结束

本文提出了一个在不对称需求信息情况下的激励机制模型, 该模型与以存在模型区别是: 把生产运作和销售协调起来, 以制造商为核心企业设计对其他供应链成员的激励机制, 控制整个供应链, 这种方法在信息完全对称时, 整体优化能达到, 但信息不完全对称时, 整体优化可能达不到, 因为核心企业只关心自己的利益最大。

本模型可进一步拓展: 多个销售商、多层供应链、不依赖于核心企业实现整体最优的机制以及其他的不对称信息的分析, 将是今后的研究方向。

参考文献

[1] LEE H, WHANG S. Decentralized Multi - Echelon Supply chains; Incentives and Information [J]. Management Science, 1999, 45(5) : 633 - 641.

[2] CACHON P G, ZIPKIN P H. Competitive and Cooperation Inventory policies in a Two - stage supply chain[J]. Management Science, 1999, 45(7) : 936 - 953.

[3] THOMAS D J, GRIFFIN P M. Coordinated supply chain management [J]. European Journal of Operational Research, 1996, 94: 1 - 15.

[4] WENGZK, WONGRT. General models for the supplier's all - unit quantity discount policy[J]. Naval Research Logistics, 1993, 40: 971 - 991.

[5] MYERSON R B. Game theory : analysis of conflicts [M]. Harvard University Press, 1990.

[6] 张维迎. 博弈论与信息经济学 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1996: 207 - 228.

[7] 刘永胜, 李敏强. 弹性需求下供应链协调策略研究 [J]. 工业工程, 2003, 6(4) : 31 - 34.

[8] 周永务, 冉翠玲. 需求信息不对称下供需双方的博弈 [J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(1) : 68 - 71.

Incentive Mechanism in Supply Chain Management based on Asymmetric Demand Information

RAN Cui-ling, YANG Gui-yuan

(School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu Anhui 233030, China)

Abstract : An incentive mechanism model with symmetric demand information is proposed for a supply chain that consists of a single manufacturer and a single retailer. Based on such a symmetric demand information model, a discounting model under two parties having asymmetric demand information is built. This model considers the problem of how the manufacturer designs an incentive mechanism to prevent the retailer from providing false information and realize Win - Win. We verify numerically that : (i) the proposed policy is valid; (ii) it not only makes the manufacturer's profit better but also enhances the retailer's profit.

Key words : supply chain management ; asymmetric demand information ; incentive mechanism ; discounted policy ; simulation