

文章编号:1672-058X(2012)01-0019-05

供应链管理下批发价格依赖性的补偿策略理论*

陈修素^{1,2}, 陈 睿³

(1. 重庆工商大学 电子商务及供应链系统重庆市重点实验室, 重庆 400067; 2. 重庆工商大学 数学与统计学院, 重庆 400067; 3. 重庆大学 电气工程学院, 重庆 400044)

摘 要:在文献[1]中研究了供应链管理下批发价格依赖性的补偿策略理论, 其中的推导和结论的具体表述不尽正确, 给出了其结论的正确表述; 在批发价格与产品的订购量相关且产品的市场需求量是随机变量的情况下, 探讨了补偿策略受产品批发价格的定价机制的影响; 获得了供应链管理下批发价格依赖性的补偿策略理论模型, 并在产品的市场需求量服从均匀分布的情形下对理论模型进行了均衡分析和灵敏度分析; 指出了产品订购量、补偿价格与产品需求、批发价格的内在关系, 为企业决策提供了有益的分析方法。

关键词:供应链管理; 补偿策略; 均衡分析; 批发价格

中图分类号:F273.7

文献标志码:A

随着产品市场竞争的加剧, 补偿策略已经成为供应商(生产商)和销售商之间在订立合同时所必须考虑的内容, 科学合理的补偿策略既能保证供应商(生产商)的产品销售量, 又能降低销售商的风险。补偿策略的实现形式是根据产品特性和供应链结构来确定的, 最普遍的补偿策略形式是按照批发价格回收所有未销售产品, 策略能最大程度提高销售量, 使销售商的风险降低到零, 市场风险转嫁给了供应商(生产商), 另一种比较现实的补偿策略是对未销售的产品实行部分补偿机制。拟重点研究供应链管理下的批发价格依赖性补偿策略, 以确定补偿策略是如何受到批发价格函数的影响, 建立供应链管理下的批发价格依赖性补偿策略理论模型; 并在理论模型基础上进行均衡分析和数值模拟分析。

1 基本理论框架和假设条件

供应商(生产商)以单位可变成本 c 按照销售商订购量 Q 生产具有一定保质期的产品, 并且以每单位产品批发价格 w 出售给销售商; 销售商以单位零售价格 p 将产品销售给顾客。销售商因缺货造成的单位机会成本为 k , 并且供应商(生产商)和销售商都能对剩余产品进行处理, 剩余产品的残值为 s 。为便于建立理论模型和分析, 假设库存成本、产品的销售成本、订购成本和产品残值均为零, 产品的生产成本 c 和零售价格 p 为外部确定。产品需求具有不确定性, 为随机变量。

研究的批发价格依赖性补偿策略理论重点, 是考虑供应商(生产商)提供给销售商的批发价格是与销售商的订购量存在一定的关系, 按照经济学理论, 产品的批发价格与销售商的订购量的关系是 $w = a - bQ$, 从供

收稿日期:2011-09-05; 修回日期:2011-09-26.

* 基金项目:重庆市教委科技资助项目(NO. KJ090732); 重庆市自然科学基金资助项目(CQCSTC, 2009BB3372).

作者简介:陈修素(1964-), 男, 四川大竹人, 教授, 硕士, 从事管理科学、运筹学、应用统计等领域的研究.

应商角度分析,必定要求批发价格大于 w 产品生产成本 c ,因此 $Q < \frac{a-c}{b}$ 。产品批发价格和补偿策略是在供应商(生产商)控制之下,供应商(生产商)首先宣布批发价格和补偿策略;销售商根据产品的批发价格和补偿策略确定产品订购量。

在理论模型中使用的符号说明如下: c :生产产品的单位成本; Q :销售商订购量; w :产品的单位批发价格; p :产品的单位销售价格; k :销售商缺货单位成本; r :产品的单位补偿价格; $f(x)$:产品需求的密度函数; $F(x)$:产品需求的分布函数,且 $F(x) = \int_0^x f(x) dx$; Π_r :销售商期望收益; Π_s :供应商期望收益。

2 理论模型

从市场经济角度分析,供应商(生产商)和销售商进行决策是为了收益的最大化,因此,首先确立供应商和销售商的期望收益。销售商的期望收益主要由以下几方面构成:产品销售收入、产品补偿收益、产品缺货损失和从供应商购买产品成本。供应商的期望收益包括:销售给销售商的收入、产品补偿成本和产品生产成本。销售商和供应商的期望收益分别是:

$$\Pi_r = p \int_0^Q xf(x) dx + p \int_Q^{+\infty} Qf(x) dx + r \int_0^Q (Q-x)f(x) dx - k \int_Q^{+\infty} (x-Q)f(x) dx - wQ \quad (1)$$

$$\Pi_s = (w-c)Q - r \int_0^Q (Q-x)f(x) dx \quad (2)$$

由于需求分布函数具有不同的特征,在建立供应链管理下的理论模型时,假定需求函数具有连续的、可微的分布函数,并且 $f(0) = f(+\infty) = 0$ 。补偿策略是在供应商的控制之下,必须首先确定销售商对供应商补偿策略的反应函数。销售商期望收益的一级偏导数和二级偏导数分别为:

$$\frac{\partial \Pi_r}{\partial Q} = (p+k)[1-F(Q)] + rF(Q) - a + bQ \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial Q^2} = (r-p-k)f(Q) + b \quad (4)$$

为了能得到唯一的反应函数,就要求销售商的期望收益函数是严格凹函数,即 $\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial Q^2} < 0$,因此:

$$(r-p-k)f(Q) + b > 0 \quad (5)$$

据利益最大化原则,令 $\frac{\partial \Pi_r}{\partial Q} = 0$,得到销售商对供应商的补偿策略的反应函数如下:

$$(p+k-r)F(Q) - bQ = p+k-a \quad (6)$$

为建立理论模型之便,用 $Q = G(p, k, r, a, b)$ 表示由式(6)所确定的隐函数,即销售商的最佳反应函数。供应商在已知销售商按最佳反应函数确定订货量的前提下对补偿策略进行决策,为了得到补偿价格的均衡解,对供应商期望收益求解关于补偿价格的一阶导数和二阶导数,分别是:

$$\frac{d\Pi_s}{dr} = [a-c-bQ-rF(Q)] \frac{dQ}{dr} - \int_0^Q F(x) dx \quad (7)$$

$$\frac{d^2 \Pi_s}{dr^2} = [a-c-bQ-rF(Q)] \frac{d^2 Q}{dr^2} - [b+rf(Q)] \left(\frac{dQ}{dr} \right)^2 - 2F(Q) \frac{dQ}{dr} \quad (8)$$

根据式(5)和式(8),能得到定理如下。

定理1 当 $(r-p-k)f(Q)+b > 0$ 和 $A \frac{d^2Q}{dr^2} - [b+rf(Q)] \left(\frac{dQ}{dr}\right)^2 - 2F(Q) \frac{dQ}{dr} < 0$ 时,供应链管理下的批发价格依赖性补偿策略理论模型存在唯一的均衡解。其中 $A = a - c - bQ - rF(Q)$ 。

定理2 在补偿价格相同和其他条件不变的情况下,销售商在批发价格依赖性下的订购量 Q 大于批发价格外部确定为 a 时的订购量 Q' 。

证明略。

据式(6)可得: $\frac{dQ}{dr} = \frac{F(Q)}{(p+k-r)f(Q)-b}$ 。从而易得如下结论。

定理3 当 $(p+k-r)f(Q)-b > 0$ 时,销售商的订购量 Q 随着补偿价格 r 增加(减少)而增加(减少);当 $(p+k-r)f(Q)-b < 0$ 时,销售商的订购量 Q 随着补偿价格 r 增加(减少)而减少(增加)。

从定理3可以发现,由于供应商提供给销售商的批发价格是随着订购量的增加而减少,销售商为了获取最大利润,必然会增加订购量,但由于市场需求具有不确定性。因此,当销售商因增加订购量而造成的边际成本等于边际补偿收益时,供应链的各组成部分就得到均衡。

3 均衡分析

在上述理论模型建立中,均衡解是与产品需求分布函数有着内在关系的,假设产品需求 X 是服从区间 $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$ 内均匀分布的随机变量,其中 $\sigma > 0, \mu$ 为产品的平均需求。产品需求 X 的密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2\sigma}, & \mu - \sigma < x < \mu + \sigma \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其分布函数为:

$$F(x) = \begin{cases} 1, & x \geq \mu + \sigma \\ \frac{x - \mu + \sigma}{2\sigma}, & \mu - \sigma < x < \mu + \sigma \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

根据 $F(x)$ 的表达式由 $\frac{\partial \Pi_r}{\partial Q} = 0$ 可得销售商的最佳反应函数为:

$$Q = \frac{2\sigma a + (\mu - \sigma)r - (\mu + \sigma)(p + k)}{r - p - k + 2\sigma b} \quad (9)$$

且: $\frac{dQ}{dr} = \frac{2\sigma[p + k - a + b(\mu - \sigma)]}{(r - p - k + 2\sigma b)^2}$ (10)

根据 $F(x)$ 及 $\frac{dQ}{dr}$ 的表达式由 $\frac{d\Pi_s}{dr} = 0$ 可得供应商的最佳补偿策略 r 所满足的方程,从而可得如下理论模型的均衡解的结论。

定理4 当产品需求量是在 $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$ 范围内服从均匀分布的随机变量,并且满足定理1的条件时,供应链管理下的批发价格依赖性补偿策略的均衡解 (r^*, Q^*) 为满足如下方程组:

$$\left(\frac{1}{2}(\mu - \sigma)^2 r^2 + M_1 r + N_1\right)(r - p - k + 2\sigma b) = ((\mu - \sigma)Br^2 + M_2 r + N_2) \quad (11)$$

$$Q = \frac{2\sigma a + (\mu - \sigma)r - (\mu + \sigma)(p + k)}{r - p - k + 2\sigma b} \quad (12)$$

其中: $M_1 = (\mu - \sigma)[4\sigma b(\mu - \sigma) + (p + k)(3\sigma - \mu)]$,

$$N_1 = 4\sigma^2(a - c)[p + k - a + b(\mu - \sigma)] - [2\sigma a - (\mu + \sigma)(p + k)][\sigma a + \frac{1}{2}(p + k)(\mu - 3\sigma) - 2\sigma b(\mu - \sigma)],$$

$$B = 2\sigma[p + k - a + b(\mu - \sigma)],$$

$$M_2 = 2\sigma[p + k - a + b(\mu - \sigma)][2\sigma a - (\mu + \sigma)(p + k) + 2\sigma b(\mu - \sigma)],$$

$$N_2 = 4\sigma^2[p + k - a + b(\mu - \sigma)][2\sigma a - (\mu + \sigma)(p + k)].$$

证明略。

为了分析补偿价格 r^* 与产品需求均值 μ 参数之间的关系,求补偿价格 r 关于 μ 的导数,得到:

$$\frac{dr}{d\mu} = \frac{-(\mu - \sigma)r^3 + G_3r^2 + G_4r + G_5}{\frac{3}{2}(\mu - \sigma)^2r^2 + G_1r + G_2} \quad (13)$$

其中: $G_1 = 3(\mu - \sigma)^2[2\sigma b - (p + k)]$,

$$G_2 = 4\sigma^2b^2(\mu - \sigma)^2 + 4\sigma^2b(p + k)(\mu - \sigma) - 2\sigma a(p + k)(3\sigma - \mu) + 4\sigma^2ac + 4\sigma^2(a - c)[p + k + b(\mu - \sigma)] + 2\sigma(p + k)^2(\mu + \sigma),$$

$$G_3 = 3(p + k)(\mu - \sigma) - 6\sigma b(\mu - \sigma) - 2\sigma a,$$

$$G_4 = 4\sigma b(p + k)(2\mu - 3\sigma) - 8\sigma^2b^2(\mu - \sigma) + 3(p + k)^2(\mu - \sigma) + 2\sigma a(p + k) - 4\sigma^2b(2a - c),$$

$$G_5 = 4\sigma^2(p + k)(a - 2b\mu + 2ab - bc + 2b^2\mu) - \sigma(p + k)^2(4\sigma + 6b\mu - 2b\sigma) + (p + k)^3(\mu - \sigma) + 8\sigma^2b(a\sigma - 2ab + bc).$$

由于产品市场是比较复杂的,补偿价格 r^* 与产品需求均值 μ 参数之间的关系是由等式(13)来确定的。

推论 1 对于随机需求量的市场产品,当 $\frac{dr}{d\mu} < 0$ 时,补偿价格 r^* 随着产品需求均值 μ 的增加(减少)而减少(增加)。

证明略。

推论 2 对于随机需求量的市场产品,当 $\frac{dr}{d\mu} > 0$ 时,补偿价格 r^* 随着产品需求均值 μ 的增加(减少)而增加(减少)。

证明略。

推论 1 和推论 2 已经给出了在一定条件下的补偿价格与产品需求均值之间的内在关系。从定理 1 的均衡解可以看出,产品需求均值的参数 μ 对产品的订购量 Q^* 也存在一定的影响。求订购量 Q^* 对参数 μ 的导数,得到:

$$\frac{dQ}{d\mu} = \frac{(r - p - k)(r - p - k + 2\sigma b) - [2\sigma a + (\mu - \sigma)(p + k - 2\sigma b) - (\mu + \sigma)(p + k)] \frac{dr}{d\mu}}{(r - p - k + 2\sigma b)^2} \quad (14)$$

推论 3 当 $(r - p - k)(r - p - k + 2\sigma b) - [2\sigma a + (\mu - \sigma)(p + k - 2\sigma b) - (\mu + \sigma)(p + k)] \frac{dr}{d\mu} > 0$ 时,产品的订购量 Q^* 随着产品需求均值 μ 的增加(减少)而增加(减少);当 $(r - p - k)(r - p - k + 2\sigma b) - [2\sigma a + (\mu - \sigma)(p + k - 2\sigma b) - (\mu + \sigma)(p + k)] \frac{dr}{d\mu} < 0$ 时,则随着产品需求均值 μ 的增加(减少)而减少(增加)。

上述推论已经构建了产品订购量、补偿价格与产品需求参数 μ 的内在关系。相比之下,批发价格对补偿策略也存在一定的影响,其中参数对补偿价格的决策具有决定性作用,因此,对式(11)求补偿价格关于参

数 a 的导数,经过复杂的计算,得到:

$$\frac{dr}{da} = \frac{-2\sigma(\mu - \sigma)r^2 + [4\sigma(a - c) - 8\sigma^2b(\mu - \sigma) + 2\sigma(p + k)(\mu - \sigma)]r + G_6}{\frac{3}{2}(\mu - \sigma)^2r^2 + [2M_1 - 2(\mu - \sigma)B + K(\mu - \sigma)^2]r + KM_1 + N_1 - M_2} \quad (15)$$

其中: $K = 2\sigma b - p - k$, $G_6 = -K[8\sigma(p + k) - 12\sigma^2a + 4\sigma^2c + 8\sigma^2b(\mu - \sigma)]$.

根据式(15),可以得到以下结论,即:

推论 4 当 $\frac{dr}{da} > 0$ 时,补偿价格 r^* 与参数 a 存在反向关系;当 $\frac{dr}{da} < 0$ 时,则两者之间是同向关系。

根据同样的分析方法,得到:

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = \frac{2\sigma}{r - p - k + 2\sigma b} \quad (16)$$

推论 5 当 $r - p - k + 2\sigma b > 0$ 时,产品的订购量 Q^* 随着参数 a 的增加(减少)而增加(减少);当 $r - p - k + 2\sigma b < 0$ 时,则随着参数 a 的增加(减少)而减少(增加)。

由式(9)所确定的销售商的最佳订购量函数对批发价格参数 b 的导数得:

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = \frac{2\sigma[(\mu + \sigma)(p + k) - 2\sigma a - (\mu - \sigma)r] - (\mu - \sigma)(r - p - k + 2\sigma b) \frac{dr}{db}}{(r - p - k + 2\sigma b)^2}$$

推论 6 当 $2\sigma[(\mu + \sigma)(p + k) - 2\sigma a - (\mu - \sigma)r] - (\mu - \sigma)(r - p - k + 2\sigma b) \frac{dr}{db} > 0$ 时,产品的订购量 Q^* 随着参数 b 的增加(减少)而增加(减少);反之,则随着参数 b 的增加(减少)而减少(增加)。

通过类似的分析方法,也可以获得产品的订购量 Q^* 和补偿价格 r^* 与其他外在变量的内在关系。

4 结 论

随着产品市场竞争的加剧,我国的企业如何制定批发价格依赖下的补偿策略就显得尤为重要。从定理 2 知道,批发价格依赖下的产品订购量要大于批发价格外部确定时的产品订购量,因此,企业为了获取市场占有率,采取批发价格依赖下的补偿策略是行之有效的。同时,根据推论 1 和推论 2 的结果,不难发现,产品面临不同的市场需求,补偿价格的确立是完全不同的。企业要结合产品的市场状况,根据产品市场需求的变化合理调整产品补偿价格。而推论 3 则指出了产品订购量与产品需求之间的关系,从中可以分析产品需求的变化对产品订购量的影响,供应商(生产商)要根据分析结果制定生产计划和销售策略。相对于产品需求来说,产品的批发价格相对稳定。但由于原材料价格和劳动力等成本的变化,会引致产品批发价格的波动,推论 4 和推论 5 给出了批发价格中的参数对产品订购量和补偿价格的影响。企业要根据其内在关系确定批发价格波动下的补偿策略,以期获得最大利润和市场占有率。

参考文献:

- [1] 何炬,周晶,何勇. 供应链管理下批发价格依赖性的补偿策略理论[J]. 统计与决策,2009,18:27-29
- [2] 陈修素. 考虑退货价格且需求不确定的易逝品供应链协调性[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2008,25(5):470-473