

一种逆向物流回收品定价模型* Pricing Model for Recycle Product with Reverse Logistic

邱建伟

QIU Jian-wei

(广西民族师范学院经济与管理系, 广西崇左 532200)

(Department of Economic Management, Guangxi Normal University for Nationalities, ChongZuo, Guangxi, 532200, China)

摘要:以逆向物流回收系统总利润最大化为目标,考虑再生产过程要求回收品持续不断地供应以及回收品修复率等因素,构建一种单周期单产品回收定价模型,并对模型进行数值分析和算例验证。回收模型总利润与回收品再销售价格及回收周期相关,回收品再销售价格是其修复率的单调递减函数,回收品回收周期是其修复率的单调递增函数,回收品修复率保持在一定范围内对企业有利。

关键词:逆向物流 回收品 定价模型

中图分类号: O221 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2012)03-0181-04

Abstract: In order to maximize the total profit of the recovery system and consider the factors such as continuously supplements of recovery products, the repair rate of the recovery products and others, a single-period and single-product recovery pricing model is constructed. The model is tested by numerical analysis and example verification. Four conclusions are obtained: the total profits and resale price associates with recovery cycle; the resale price is a monotonic decreasing function of repair rate; the recovery cycle is a monotonic increasing function of repair rate; the repair rate within a certain range is benefit for enterprises.

Key words: reverse logistic, recycle product, pricing model

企业所用生产材料有的是新的原材料,有的是回收品,回收品又分为缺陷产品和废旧产品。资源的稀缺性要求企业必须重视发展循环经济,重视产品逆向物流。正向物流中,产品定价一直是企业特别关注的问题,价格的设置和完善与多方面因素有关^[1],如客户需求、产品成本、回收成本、生产保证水平等。产品定价虽然是企业的可控变量,但是也会随市场的变化而变动,同时会影响消费者的决策行为,失败的价格决策往往导致企业利润的缩减,从而影响企业的发展。随着人们对逆向物流的进一步关

注以及产品回收过程中不确定性因素的增加,使得产品定价问题变得更加复杂。同时,再生产过程要求回收品持续不断地供应,如何制定一个可行的回收品价格以保证供应,有较好的研究价值。

关于产品定价问题的研究,在正向物流中,主要考虑基于供应链的成本作业法和基于市场竞争的价格博弈等定价方法。Wu Chinchun 等^[2]考虑静态市场中涉及产品维修的最优价格策略。Miguel F. Anjos 等^[3]研究易腐产品的定价决策问题,给出价格优化决策模型。黄一岩等^[4]讨论时间不确定下制造商和供应商结合库存动态的博弈定价优化模型。Chen Miao-sheng 等^[5]讨论专利保护下新产品价格如何确定的问题,他们把价格、需求等作为时间变量进行探讨。而在逆向物流中,主要考虑再销售价格引起的不确定需求以及回收库存带来的成本压力。Liang Yijiong 等^[6]假设再销售价格服从布朗运动,

收稿日期:2011-11-29

修回日期:2012-03-21

作者简介:邱建伟(1980-),男,物流师,硕士,主要从事物流工程、物流管理研究。

* 广西自然科学基金项目(桂科自 0832241),广西民族师范学院 2011 年度项目(XYYB2011002)资助。

把回收品的回收价格与再生产品的销售价格联系起来,建立一个利用再销售价格估计回收价格的模型。Qu Xiuli等^[7]建立废弃交通船只自动回收生产计划和回收定价问题的非线性规划模型,结果表明,通过调和废弃船只回收、储存、处理和回收价格,使整个网络收入增长7%~15%。Mantrala Murali K等^[8]引用经典“报童问题”,讨论有多个销售点的时尚商品零售商的不确定需求和供应商的回收决策问题,得出结论:(1)顾客总订购量受需求可变性影响;(2)回收价格与批发价格的结合影响顾客的订购量。Roy Arindam等^[9]考虑有限时长,对有缺陷产品和废旧产品的生产—再生产系统的库存问题,他们以系统总利润最大为目标,生产周期、采购回收周期、生产—再生产周期中除首生产周期外其他周期时间长度以及产品单位销售价格为决策变量,建立缺陷率分别为常数和模糊数的两个库存模型。陆忠平^[10]分析废旧品回收的3种模式,建模研究不同模式下的定价和利润。姚卫新^[11]研究证明,生产商在产品销售及回收时,产品价格和利润会由于选择模型不同而不同。侯云章等^[12]借助“报童”模型对供应链最优订货与定价进行定量研究。顾巧论等^[13~15]考察单一制造商和零售商对废弃产品的回收定价。孙晓晨等^[16]针对一个制造商和一个回收中心构成的产品回收系统,以回收中心单周期运行费用最省为目标,给出了最优定价策略。

上述研究大多考虑约束条件来构建产品回收模型,因此模型的应用具有一定局限性。基于此,本文在参阅文献^[6]的基础上,考虑再生产过程要求回收品持续不断地供应,同时考虑回收品的修复率,来构建回收系统利润最大化定价模型,并利用传统数学方法对模型进行求解,得到了一些一般性的结论。

1 回收品定价模型构建

考虑单周期单产品逆向物流活动,假设订货提前期为零,不考虑缺货,又由于逆向物流始终不能独立进行,故还需考虑回收品再生产时间。为了节约库存成本,假设不可修复的回收品被即时处理掉。模型所用到的符号及含义如下:

D :需求函数,回收品经再生产后的销售需求,只与单位销售价格有关, $D = \psi(p)$; T :回收周期,决策变量; r :修复率,假设所有可修复回收品都可以通过再生产进行修复,从而满足再销售需求; F :总回报率,其中包括可修复的回收品和不可修复被即时处理的回收品, $F = D/r$; L :再生产时间, $0 \leq$

$L \leq T$; w_i :第*i*个可修复回收品到达时间; p :再生产品单位销售价格,决策变量, $p > 0$; C_r :回收品单位回收价格,假设与销售成比例关系, $C_r = mp$, $0 < m < 1$; C_0 :固定处理成本; C_1 :可修复回收品单位修复成本; C_d :不可修复回收品单位处理成本; h :可修复回收品单位库存成本; PR :平均利润。

在以上假设条件下,考虑如何计算再生产品的最优销售价格和最佳回收周期,从而使得单周期单产品逆向物流中再生产产品销售利润最大。涉及的收入及成本函数表达式如下:

$$\text{销售收入: } Pr = pDT,$$

$$\text{固定成本: } PC = C_0,$$

$$\text{回收成本: } RPC = C_r FT,$$

$$\text{可修复回收品修复成本: } PD_1 = C_1 DT,$$

$$\text{不可修复回收品处理成本: } PD_2 = C_d F(1 - r)T,$$

$$\text{可修复回收品库存成本:}$$

$$HCS = E[h \sum_{w_i \in (0, T-L)} (T - L - w_i) +$$

$$h \sum_{w_i \in (T-L, T)} (T - w_i + T - L)] = hE[\sum_{w_i \in (0, T-L)} (T -$$

$$L - w_i) + \sum_{w_i \in (T-L, T)} (T - w_i + T - L)] =$$

$$h \int_0^T Dt dt = \frac{1}{2} hDT^2,$$

所以,整个逆向物流系统的总利润函数为

$$PR = Pr - PC - RPC - PD_1 - PD_2 - HCS = pDT - C_0 - C_r FT - C_1 DT - C_d F(1 - r)T - \frac{1}{2} hDT^2 = p\psi(p)T - C_0 - mp \frac{\psi(p)}{r} T - C_1 \psi(p)T - C_d \frac{\psi(p)}{r} (1 - r)T - \frac{1}{2} h\psi(p)T^2.$$

从模型表达式可以得出

结论1 总利润 PR 与再销售价格和回收周期有关,与再生产时间无关。

2 回收品定价模型的数值分析

由于利润函数 PR 是再销售价格 p 和回收周期 T 连续二元函数,可以利用二元函数求最大值方法求解最优值。首先在 PR 中对 p 求偏导数,令其偏导数为零,即 $\frac{dPR}{dp} = 0$,求出稳定点: $p = p(T)$,其中 $p(T)$ 表示 p 是 T 的函数。其次,对 T 求偏导数,令其偏导数为零,即 $\frac{dPR}{dT} = 0$,求出稳定点: $T = T(p)$,其中 $T(p)$ 表示 T 是 p 的函数。求出使 PR 取最大

值的 p 和 T 。

根据上述分析,只要已知需求和价格之间的函数关系,就可以求出使 PR 取最大值的 p 和 T 。假设需求与价格相关函数 $D=Ae^{ap+b}$, A 是常数, $a < 0, b > 0, a < 0$ 表示函数中需求随着销售价格的增大而减小, $b > 0$ 是为了避免需求量过小。

由此得总利润函数为

$$PR = pAe^{ap+b}T - C_0 - mp \frac{Ae^{ap+b}}{r}T - C_1Ae^{ap+b}T - C_d \frac{Ae^{ap+b}}{r}(1-r)T - \frac{1}{2}hAe^{ap+b}T^2 \quad (1)$$

由(1)式可得

$$\frac{dPR}{dp} = Ae^{ap+b}T[a(p - \frac{m}{r}p - C_1 - C_d \frac{1-r}{r} - \frac{1}{2}hT) + 1 - \frac{m}{r}] = 0, \quad (2)$$

$$得 p = \frac{r}{r-m}(\frac{m}{ar} + C_1 + C_d \frac{1-r}{r} + \frac{1}{2}hT - \frac{1}{a}), \quad (3)$$

$m < r < 1$,

$$\frac{dPR}{dT} = Ae^{ap+b}(p - \frac{m}{r}p - C_1 - C_d \frac{1-r}{r} - hT) = 0, \quad (4)$$

$$即 T = \frac{1}{h}(p - \frac{m}{r}p - C_1 - C_d \frac{1-r}{r}), \quad (5)$$

联立(3)式和(5)式,求得

$$p = \frac{2(m-r) + arC_1 + a(1-r)C_d}{a(r-m)}, \quad (6)$$

$$T = \frac{2(m-r)}{arh}, \quad (7)$$

再由(6)式得

$$\frac{dp}{dr} = -\frac{mC_1}{(r-m)^2} - \frac{(1-m)C_d}{(r-m)^2} < 0. \quad (8)$$

由(8)式得到

结论 2 再销售价格 p 是一个关于修复率 r 的单调递减函数。

由(7)式得

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{2m}{ahr^2} > 0, \quad (9)$$

所以得出

结论 3 回收周期 T 是一个关于修复率 r 的单调递增函数。

由以上分析,可得 r 的范围至少为

$$0 < m < r < 1. \quad (10)$$

即得到

结论 4 修复率 r 必须保持在一定的范围内才是可行的。

3 算例验证

首先给出相关数据赋值 $C_0 = 100, C_1 = 10, C_d = 5, a = -0.12, b = 1, h = 3, A = 56, m = 0.1$, 其次利用 Mathematic 软件编程计算所得利润函数 PR 、销售价格 p 、周期 T 以及需求 D 随修复率 r 的变化情况(表 1)。

表 1 计算结果

r	p	T	PR	D
0.2	76.67	2.78	-99.64	0.02
0.3	49.17	3.70	-82.84	0.42
0.4	40.00	4.17	-34.75	1.25
0.5	35.42	4.44	28.67	2.17
0.6	32.67	4.63	94.21	3.02
0.7	30.83	4.76	156.02	3.76
0.8	29.52	4.86	212.20	4.40
0.9	28.54	4.94	262.49	4.95
1	26.33	4.50	-16.39	0.58

由表 1 结果可知,结论 2 和结论 3 成立,修复率保持在 0.5 和 1 之间,利润才能保证为一个正值,所以结论 4 也成立,说明本文建立的模型是有效可行的。因此,企业可以根据自身情况,选定合适的修复率和再销售价格。又由于回收价格与再销售价格之间有一定比例关系,所以回收价格也必须控制在一定范围内。

含逆向物流的产品定价决策在一段时间内将是研究的热点,如运用博弈理论模型讨论能使多方共赢的定价策略,考虑市场因素、消费者行为因素以及价格道德因素等的综合性定价策略等。继本文工作之后,可以进一步考虑市场因素起主导作用的多周期单产品、多周期多产品的回收品定价决策问题。

参考文献:

[1] Richard Lancioni. Pricing issues in industrial marketing [J]. Industrial Marketing Management, 2005, 34(2): 111-114.

[2] Wu Chinchun, Choub Chaoyu, Huang Chikong. Optimal price, warranty length and production rate for free replacement policy in the static demand market [J]. The International Journal of Management Science, 2009, 37: 29-39.

[3] Miguel F Anjos, Cheng Russell C H, Currie Christine S M. Optimal pricing policies for perishable products [J]. European Journal of Operational Research, 2005, 166(1): 246-254.

[4] 黄一岩, 徐祺. 基于时间变化下库存模型的定价决策优

- 化算法[J]. 系统与决策, 2006, 12: 24-25.
- [5] Chen Miaosheng, Shih Yuti. Optimal pricing for patent protected new products [J]. Applied Mathematics and Computation, 2008, 197(2): 525-535.
- [6] Liang Yijiong, Pokharel Shaligram, Geok Hian Lim. Pricing used products for remanufacturing[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 193: 390-395.
- [7] Qu Xiuli, Julie Ann Stuart Williams. An analytical model for reverse automotive production planning and pricing[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 190(3): 756-767.
- [8] Mantrala Murali K, Raman Kalyan. Demand uncertainty and supplier's returns policies for a multi-store style-good retailer[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 115(2): 270-284.
- [9] Roy Arindam, Maity Kalipada, Kar Samarjit, et al. A production-inventory model with remanufacturing for defective and usable items in fuzzy-environment [J]. Computers Industrial Engineering, 2009, 56(1): 87-96.
- [10] 陆忠平. 闭环供应链的渠道选择[J]. 物流技术, 2002(11): 20-21.
- [11] 姚卫新. 电子商务环境下闭环供应链原子模型研究[J]. 管理科学, 2003, 16(1): 65-68.
- [12] 侯云章, 戴更新, 刘天亮, 等. 闭环供应链下联合定价及利润分配策略研究[J]. 物流技术, 2004(6): 50-52.
- [13] 顾巧论, 陈秋双. 再制造/制造系统集成物流网络及信息网络研究[J]. 计算机集成制造系统, 2004(7): 721-726.
- [14] 顾巧论, 高铁杠. 基于博弈论的逆向供应链定价策略分析[J]. 系统工程理论与实践, 2005(3): 20-25.
- [15] 顾巧论, 季建华, 高铁杠. 有固定需求底线的逆向供应链定价策略研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005(12): 1752-1757.
- [16] 孙晓晨, 涂苯生. 产品回收系统最优静态定价策略[J]. 南开大学学报, 2007(2): 20-25.

(责任编辑: 尹 闯)

科学研究首次揭示细菌抗生素耐药化学机制

早在数年前, 遗传研究证实松鼠葡萄球菌进化生成了一种称为 *Cfr* 的新基因。 *Cfr* 基因编码蛋白在细菌形成抗生素耐药性中发挥了关键性的作用。 随后, 研究人员又在金黄色葡萄球菌中发现了相同的基因。 金黄色葡萄球菌是寄居在人类鼻部和皮肤上的一种最常见的细菌类型, 是目前多种抗生素耐药性感染的主要原因。 由于 *Cfr* 基因通常定位于移动的 DNA 元件中, 所以它能够轻易地从非人类病原体进入到其他种类感染人类的细菌中。 科学家们在美国、墨西哥、巴西、西班牙、意大利及爱尔兰的金黄色葡萄球菌中均发现了 *Cfr* 基因, 证实它能有效促使细菌对 7 种类型的抗生素产生耐受, 带有这一基因的细菌有着不同的进化利益。 然而直到现在, 科学家们对于这一基因编码蛋白质影响细菌基因结构的详细机制仍不十分清楚。

为了解开这些细菌耐受抗生素的化学奥秘, 美国科研人员研究 *Cfr* 蛋白的甲基化功能。 甲基化是指通过特异的甲基转移酶催化作用, 在某些蛋白质或核酸的特殊位点添加一种分子标记(甲基基团)的化学修饰过程。 在细菌中核糖体是合成生存必需的蛋白质的重要大分子细胞器。 多种抗生素都是通过结合到核糖体上, 破坏其正常功能从而杀死细菌的。 研究人员发现 *RlmN* 蛋白的甲基化作用可促使细菌核糖体发挥正常的功能。 同时他们还证实 *Cfr* 蛋白具有与 *RlmN* 相同的功能, 但是两种蛋白在核苷酸上添加甲基基团的位置却完全不同。 甲基化修饰阻断了抗生素与核糖体的结合, 破坏了抗生素对核糖体的效应。 *RlmN* 和 *Cfr* 添加甲基基团的位点与常规的位点在化学上存在明显的差别, 这些位点用常规的化学方法通常无法进行甲基化修饰。 由此, 科学家们现在能够清楚地了解某些细菌进化形成抗生素耐受的相关机制。 利用这一新发现, 科学家们将设计出可以与经典抗生素结合作用的化合物, 开发出防治超级病菌感染的新型药物。

(据科学网)