

模糊环境下逆向物流中单产品多周期定价模型研究

隋博文

(钦州学院 商学院,广西 钦州 535000)

【摘要】模糊环境下逆向物流单产品多周期定价问题中的多个参数为模糊数,可以通过建立其模糊期望值模型,并利用遗传算法进行求解。在研究多周期的单产品定价问题时,考虑需求与销售价格成指数函数关系情形,确定整个物流系统中的最优定价策略,其结果显示出逆向物流的参与,使得企业利润高出许多。对所建立的模型,通过数值算例来验证其有效可行性。

【关键词】模糊环境;逆向物流;单产品;多周期;定价

【中图分类号】F272.3 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)03-0064-04

1 研究背景与意义

产品定价作为市场营销中最活跃的因素,是顾客反应敏感度最强的营销变量,是企业竞争的市场策略中的有力工具。作为企业的一种重要的竞争手段,它直接关系到市场对产品的接受程度,影响企业需求和利润的多少,涉及生产者、经营者、消费者等各方面的利益。在目前出现的文献中,关于产品定价问题的研究模型主要分为确定型和随机型两大类。

但在实际环境中,逆向物流中产品回收的不确定性要复杂得多,这些不确定性的表现形式也多种多样,除了随机性外,还包括有模糊性、粗糙性以及其它多重不确定性等,于是毫无疑问地存在着大量不确定优化问题。不确定规划中的模糊规划是用来处理模糊优化问题的数学模型,本文拟以模糊环境下逆向物流中单产品多周期的定价问题为例,研究运用模糊期望值模型对逆向物流产品进行定价决策,为企业在对逆向物流产品进行定价时,提供一定的决策依据和理论参考。

2 研究基础及述评

随着逆向物流的参与,使得产品定价问题变得更加复杂。在很多情况下,企业希望能得到关于产品回收的长期计划,以便有利于企业资源的分配;并且希望得出如何进行逆向物流,从而有利于包括正向物流和逆向物流在内的整个物流系统的效益。对于企业来说,产品定价策略一直是一个特别值得关注的问题,许多学者也对其进行了一定的研究。失败的价格决策不但会导致利润的缩减甚至会得不偿失,企业在进行产品定价决策时,往往要考虑多方面的因素,包括产品特性、企业商誉、生产成本、原材料供应、替代品的出现、价格控制以及价值为依据的定价,或者考虑基于需求的定价策略和考虑竞争因素的定价策略。

在正向物流中,价格越低通常越能促进需求量的增长,但也会导致利润的缩减;相反,价格太高又会减少需求量。Miguel等人研究了易腐烂产品的最优定价决策^[1]。Miao-sheng Chen等人考虑了价格、需求等都为时间的变量,研究了专利保护下的新产品最优价格如何确定的问题^[2]。逆向物流中返回品的采购定价,却完全不同于正向物流中的产品定价。显然,对于返回品的采购定价,价格越高,回收率就越高,这会造成返回品的大量增多,增大不必要的库存及处理成本;反之,价格越低,回收率就越低,又会使得返回品回收量不足,不利于再生产的进行。Xiu-li Qu等人认为通过对产品的回收不但节约成本,而且使得整个物流网络的利润获得很大的提高^[3]。Mantrala和Ranman引用经典“报童问题”,讨论了有多个销售点的时尚商品零售商的需求不确定和供应商的回收决策问题,研究得出了几个结论:(a)顾客总订购量如何受需求可变性影响;(b)回收价格与批发价格的结合如何影响顾客的订购量反应需求的不确定性等^[4]。Roy Arindam等人研究了在已知有限的时间长度里,考虑有缺陷产品和旧产品的生产—再生产系统的库存问题,分别建立了缺陷率为常数和模糊数的两个库存模型,决策变量为总生产周期、采购旧产品周期、除第一周期外其他周期时间长度,目标是使得总利润最大^[5]。

在以上定价模型中,一般只考虑确定或随机的情况。模糊环境下逆向物流中产品定价问题的研究还未见报道。为了能得到利于企业产品回收的长期计划和整个物流系统的效益,亟待解决模糊环境下含逆向物流的整个物流系统中单产品多周期定价问题,其中产品包括好产品、有缺陷产品和回收的旧产品。本文拟以总生产周期、采购旧产品周期、除总生产周期中第一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,以整个系统总

收稿日期:2011-08-28

作者简介:隋博文(1982-),男,河南商丘人,讲师,研究方向为物流信息系统。

利润的最大化为目标,假设产品的缺陷率、处理率以及单位再生产成本均以三角模糊数形式给出,建立一个模糊期望值模型,并利用遗传算法进行求解。最后给出算例,通过对不同情形下的计算结果进行比较与分析,充分验证模型及算法的有效可行性。

3 问题描述

本模型中假设不允许有缺货,订货提前期为零,由于讨论的是整个物流系统过程,故不考虑再生产时间,所用到的符号及含义如下:

D:需求函数,与单位销售价格有关且与时间无关,假设为 $D=Ae^{as}$, $a<0$,其中A为常数, $a<0$ 表示函数中需求随着销售价格的增大而减小;

T:总规划时间长度,已知确定量;

N:总生产周期(包括生产和再生产),决策变量;

k:采购旧产品周期,决策变量;

$\tilde{\delta}$:生产中的缺陷率,为三角模糊数;

r_1 :第一周期处理率,已知确定量;

r_2 :k周期中处理率,为三角模糊数;

p_1 :第一周期生产率,常量;

p_1' :其他周期生产率,其中 $p_1' = p_1 + \frac{k_2}{p_2}$, $p_1, k_2, b > 0$;

p_2 :再生产率,其中 $p_2 = p_2' + k_1 D$, $p_2', k_1 > 0$;

t_1 :第一周期时间长度;

t_1' :其他周期时间长度,决策变量;

α :k周期中旧产品回收率;

t_p, t_p' :分别表示第一周期时间长度和其他周期时间长度;

$x_s(t), x_{ns}(t)$:分别表示t时刻服务品库存水平和非服务品库存水平;

s:产品单位销售价格,决策变量;

C_1, C_2 :分别表示单位时间单位服务品持有价格和非服务品持有价格;

C_p :单位生产成本,常量;

C_r :单位再生产价格,为三角模糊数;

C_d :旧产品单位采购价格;

C_3 :每周固定成本;

TP:总利润。

4 数学模型

4.1 模型分析

在以上假设条件下,如何确定所有决策变量,从而使得整个生产—再生产系统中总利润达到最大的问题中,有可销售的服务品(包括生产中的好产品及再生产产品)和非服务品(包括缺陷品及回

收的旧产品)两个库存点,总利润为销售收入减去服务品和非服务品的各成本之和。生产—再生产系统如图1所示。

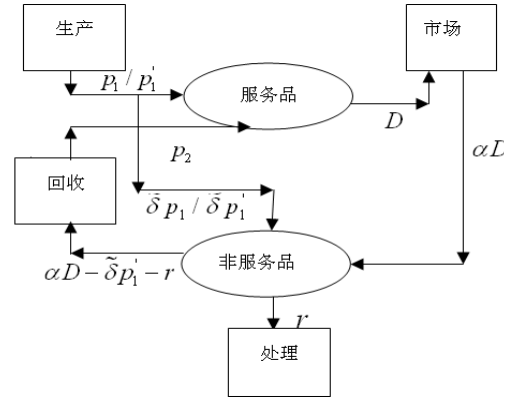


图1 生产—再生产系统

(1)服务品库存水平 $x_s(t)$ 在各周期中的相关公式

服务品在第一周期时间区间 $0 < t < t_1$ 中的微分表

$$\begin{aligned} \text{达式 } \frac{dx_s(t)}{dt} &= (1 - \tilde{\delta})\rho_1 - D, 0 < t < t_p \\ \frac{dx_s(t)}{dt} &= -D, t_p < t < t_r \end{aligned} \quad (1)$$

边界条件: $t=0$ 及 $t=t_r$ 时, $x_s(t)=0$ 。

由式(1)可得

$$t_p = \frac{Dt_r}{(1 - \tilde{\delta})\rho_1} \quad (2)$$

$$x_s(t) = \begin{cases} (1 - \tilde{\delta})\rho_1 - r_1 t, 0 \leq t \leq t_p \\ D(t_r - t), t_p \leq t \leq t_r \end{cases} \quad (3)$$

由式(3)可得本周期中服务品的库存成本为

$$HCS_1 = C_1 \int_0^{t_p} x_s(t) dt + C_2 \int_{t_p}^{t_r} x_s(t) dt = C_1 \left\{ (1 - \tilde{\delta})\rho_1 - D \right\} \frac{t_p^2}{2} + C_2 D \frac{(t_r - t_p)^2}{2} \quad (4)$$

服务品在周期 $2 \leq i \leq N$ 中,时间区间 $t_i \leq t \leq t_r + (i-1)t_1'$ 中的微分表达式

$$\begin{aligned} \frac{dx_s(t)}{dt} &= (1 - \tilde{\delta})\rho_1 + p_2 - D, t_r + (i-2)t_1' \leq t \leq t_r + (i-2)t_1' + t_p' \\ \frac{dx_s(t)}{dt} &= p_2 - D, t_r + (i-2)t_1' + t_p' \leq t \leq t_r + (i-1)t_1' \end{aligned}$$

其中 $p_2 < D$,边界条件: $t=t_r + (i-2)t_1'$ 及 $t=t_r + (i-1)t_1'$ 时, $x_s(t)=0$ 。

由此可得

$$t_p' = -\frac{(p_2 - D)t_r'}{(1 - \tilde{\delta})\rho_1}, t_r' = \frac{T - t_r}{N - 1} \quad (5)$$

$$x_s(t) = \begin{cases} \{(1 - \tilde{\delta})\rho_1 + p_2 - D\} \{t - (t_r + (i-2)t_1')\}, t_r + (i-2)t_1' \leq t \leq t_r + (i-2)t_1' + t_p' \\ (p_2 - D) \{t - (t_r + (i-1)t_1')\}, t_r + (i-2)t_1' + t_p' \leq t \leq t_r + (i-1)t_1' \end{cases} \quad (6)$$

由式(6)可得服务品库存成本为

$$\begin{aligned} HCS_i &= C_1 \int_{t_r + (i-2)t_1'}^{t_r + (i-2)t_1' + t_p'} x_s(t) dt + C_2 \int_{t_r + (i-2)t_1' + t_p'}^{t_r + (i-1)t_1'} x_s(t) dt \\ &= C_1 \{(1 - \tilde{\delta})\rho_1 + p_2 - D\} \frac{t_p'^2}{2} + C_2 (p_2 - D) \frac{(t_r - t_i)^2}{2} \end{aligned} \quad (7)$$

(2)非服务品库存水平 $x_{ns}(t)$ 在各周期中的相关公式

非服务品在第一周期中,在时间区间 $0 < t < t_1$ 中的微分表达式

$$\frac{dx_{ns}(t)}{dt} = \tilde{\delta}\rho_1 - r_1, 0 \leq t \leq t_1 \quad (8)$$

边界条件: $t=0$ 时, $x_{ns}(t)=0$, 得到

$$x_{ns}(t) = (\tilde{\delta} P_1 - r_1)t, 0 \leq t \leq t_r \tag{9}$$

由式(9)可得本周期中非服务品的库存成本为

$$HCN_1 = C_2 \int_0^{t_r} x_{ns}(t) dt = C_2 (\tilde{\delta} P_1 - r_1) \frac{t_r^2}{2} \tag{10}$$

非服务品在周期 $2 \leq i \leq k+1$ 中从市场中采购旧产品, 非服务品包括生产中的缺陷品和回收的旧产品, 于是有

$$\frac{dx_{ns}(t)}{dt} = \tilde{\delta} P_1 + \alpha D - r_2 - p_2, t_r \leq t \leq t_r + kt_r \tag{11}$$

由式(11)得到

$$x_{ns}(t) = (\tilde{\delta} P_1 + \alpha D - r_2 - p_2)(t - t_r) \tag{12}$$

由此可知非服务品在这些周期中的库存成本为

$$HCN_k = C_2 \int_{t_r}^{t_r+kt_r} x_{ns}(t) dt = C_2 (\tilde{\delta} P_1 + \alpha D - r_2 - p_2) k^2 \frac{t_r^2}{2} \tag{13}$$

非服务品在周期 $k+2 \leq i \leq N$ 中不再从市场回收旧产品, 非服务品只为生产中的缺陷品, 则有

$$\frac{dx_{ns}(t)}{dt} = \tilde{\delta} P_1 - p_2, t_r + kt_r \leq t \leq t_r + (N-1)t_r \tag{14}$$

由式(14)得到

$$x_{ns}(t) = (\tilde{\delta} P_1 - p_2)(t - (t_r + (N-1)t_r)) \tag{15}$$

由式(15)可知非服务品在这些周期中的库存成本为

$$HCN_N = C_2 \int_{t_r+(N-1)t_r}^{t_r+(N-1)t_r} x_{ns}(t) dt = C_2 (\tilde{\delta} P_1 - p_2) (N-k-1)^2 \frac{t_r^2}{2} \tag{16}$$

综上所述可得

$$\text{总销售收入: } SR = sDt$$

$$\text{总生产成本: } PC = C_p p_1 t_p + (N-1) C_p p_1 t_r$$

$$\text{总再生产成本: } RC = (N-1) C_n p_2 t_r$$

$$\text{总固定成本: } SC = NC_s$$

$$\text{总采购成本: } RPC = k \alpha DC_a t_r$$

$$\text{总服务品库存成本: } HCS = HCS_1 + \sum_{i=2}^N HCS_i$$

$$\text{总非服务品库存成本: } HCN = HCN_1 + HCN_k + HCN_N$$

于是整个系统的总利润为:

$$TP = SR - PC - RC - SC - RPC - HCS - HCN$$

4.2 模型建立

由于生产中的缺陷率、采购周期中处理率、每单位再生产价格为三角模糊数, 因此上述总利润函数 TP 为一个模糊函数记为: TP, 本文建立如下模糊期望值模型, 目标是使得总利润期望值最大。

$$\text{Max } E[TP]$$

$$\text{s.t. } E[\tilde{\delta} p_1] < p_2 < D$$

$$(N-1)t_r < T \tag{17}$$

$$k < N < T$$

$$E[C_R], C_a < s$$

对于三角模糊数 $\tilde{\xi} = (r_1, r_2, r_3)$, 其期望值可逆模糊化为实函数, 即

$$E[\tilde{\xi}] = \frac{1}{4}(r_1, r_2, r_3) \tag{18}$$

并且由相关定理, 可得期望值算子 E 有下述线

性性质: 设 $\tilde{\xi}, \tilde{\eta}$ 为两个模糊数, λ, μ 为实数, 则

$$E[\lambda \tilde{\xi} + \mu \tilde{\eta}] = \lambda E[\tilde{\xi}] + \mu E[\tilde{\eta}] \tag{19}$$

根据式(19), 模型(17)可逆模糊化从而转化为其清晰等价类如下

$$\text{Max } E[TP]$$

$$\text{s.t. } E[\tilde{\delta} p_1] < p_2 < D$$

$$(N-1)t_r < T \tag{20}$$

$$k < N < T$$

$$E[C_R], C_a < s$$

其中 E[TP] 为将 TP 中的三角模糊数由式(18)和式(19)计算之后所得到的函数。

4.3 模型求解

采用遗传算法来求解模型(20), 该算法中所使用的参数为: 种群规模为 30, 交叉概率为 0.3, 变异概率为 0.2, 基于序的评价函数的参数为 0.05。

4.4 数值算例

下面的数值例子分别就两种不同情形来对模型进行求解, 其中已知的数据如下

$T=20, A=48, r_1=1, k_1=0.1, k_2=10, a=-0.016, b=1.5, \alpha=0.5, p_1=50, p_1''=50, p_2=5, C_1=2, C_2=0.5, C_3=10, C_p=15, C_R=(7.0, 8.0, 9.0), \tilde{\delta}=(0.04, 0.05, 0.06), r_2=(2.0, 2.5, 3.0)$

情形 1 旧产品采购单价 C_a 为确定的数

假设 $C_a=5$, 将数据代入模型(20), 最优解如表 1 的第 2 行。在此基础上分析以下两种情况: (1) 保持产品销售单价 s 不变, 不考虑有缺陷产品、旧产品回收及再生产, 即 $s=81.95, p_2=0, k=0$, 其他数据也保持不变, 此时对模型求解所得结果如表 1 的第 3 行; (2) 不考虑有缺陷品及旧产品的再生产, 即 $p_2=0, k=0$, 其它数据保持不变, 此时对模型进行求解所得结果如表 1 的第 4 行。

表 1 情形 1 的计算结果

	N	k	s	t_r	TP
$p_2=5.03$	14	5	81.95	1.51	17843.99
$s=81.95, p_2=0, k=0$	18	0	81.95	1.03	16517.61
$p_2=0, k=0$	18	0	78.88	1.21	16538.53

表 1 中给出了模型在 3 种不同情况下的最优解。通过表 1 中第 2 行与第 3 行的对比发现, 当价格 s 保持不变时, 同时利用返回品的再生产来满足需求比未利用返回品的总利润 TP 要高出 8.0%; 第 2 行与第 4 行的对比发现, 虽然考虑有返回品的生产—再生产系统的产品价格比不考虑有返回品的生产系统的产品价格高出了 3.9%, 但利润却高出了 7.9%; 从表 1 还可看到考虑有缺陷产品、旧产品回收的生产—再生产系统可以降低总生产周期。以上分析

说明:合理的再利用返回品产品(包括有缺陷品)对企业来说是一种追求利润的有效手段,这充分证明了逆向物流的可行性。

由表1中的第3行与第4行的对比发现,虽然第3行中的单位销售价格高于第4行中的价格,但是总利润TP却比第4行的少,这意味着,对企业来说一味地提高价格来保证利润是不合实际的,最终可能会导致利润的缩减。

情形2 旧产品采购单价 C_d 与销售单价 s 相关

在这种情况下,本模型中考虑它们之间成比例关系,即 $C_d=ms, m \in (0, 1)$,当 m 取不同值时,求解模型(20)得到的最优解见表2。

表2 情形2的计算结果

m	N	k	t_r	s	TP	C_d
0.03	15	7	1.50	81.15	18007.62	—
0.031	13	6	1.66	81.86	18002.13	2.61
0.041	13	5	1.64	81.14	17945.62	3.33
0.056	11	4	1.93	81.54	17872.65	4.57
0.065	14	5	1.52	80.69	17832.10	5.19
0.072	12	3	1.76	80.67	17809.72	5.81
0.088	13	3	1.64	80.29	17759.95	7.07
0.095	12	2	1.74	80.15	17744.06	7.64
0.11	12	1	1.73	80.02	17717.48	8.80
0.12	13	0	1.56	79.01	17704.26	—

由表2可见,当 C_d 逐渐增大时, k, s 逐渐减小,最终导致总利润TP不断减少。当 $m \leq 0.03$ 时,可知结

注释及参考文献:

[1]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): 276-279.
 [2]Miao-sheng Chen, Yu-Ti Shih.Optimal pricing for patent protected new products [J].Applied Mathematics and Computation, 2008, 197(2): 531-535.
 [3]Xiu-li Qu, 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.
 [4]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, 117(2): 270-279.
 [5]Roy Arindam, Maity Kalipada, Kar Samarjit, Maiti Manoranjan.A production inventory model with remanufacturing for defective and usable items in fuzzy environment [J].Computers Industrial Engineering, 2009, 56(1): 87-96.

Research on the Pricing Decision Model of Reverse Logistics for the Single Product and Multi-cycle under Fuzzy Environment

SUI Bo-wen

(Business School, Qinzhou University, Qinzhou, Guangxi 535000)

Abstract: The pricing problem for single product of reverse logistics is investigated in multi-cycle under fuzzy environment. Assuming that there is more parameters in the model are fuzzy numbers, the fuzzy expected(下转93页)

果已经不再满足条件 $(N-1)t_r < T$; 当 $m \geq 0.12$ 时, 结果得到 $k=0$, 这也不符合前提条件。

上述分析意味着, 如果旧产品的采购单价过低, 则回收产品少, 少量的回收品不利于再生产也达不到对资源的节省, 所以不可行; 如果旧产品采购单价过高, 回收品则大量增多, 这就会增加库存及处理成本而成为负担, 即使不断的缩短采购周期, 总利润也只能是不断的减少。这显然说明, 旧产品的采购单价只有保持在一定范围内, 对企业来说才是恰当的选择, 在本模型中采购单价的适用范围为: $2.61 \leq C_d \leq 8.80$ 。

通过分析以上两种情形可知, 第2种情形对企业来说价格弹性较大, 利润空间也比较大, 并且能在不同的环境下, 对价格做出一定的调整来增强在市场中的竞争力。

5 结束语

本文在考虑了需求是销售价格的函数且与时间无关的基础上, 建立了在模糊环境下逆向物流中单产品多周期的定价模型, 假设生产中会产生缺陷产品, 该部分产品将和回收品一起参与修复, 同时考虑缺陷率、处理率以及单位再生产成本均为三角模糊数时, 建立模糊期望值模型, 利用遗传算法进行求解, 该模型的建立在确定最优定价的同时, 也得出最佳周期分配。最后给出算例, 在多种情况下对模型进行求解, 分析所得结果表明, 本文所建立的模型是有效可行的, 且符合实际情况。

Abstract: Through research and analysis of all kinds of ball games on college game fans' aesthetic appeal and aesthetic ability, the influence of ball matches is highly different among different males in different grades. The difference is closely related with the factors of extensive interests and diversification, active participation in activities, fast acceptance of new things and the influence of things outside. It is noticed that, the distinctness of human body image, graceful movements, athletes' technology and spiritual beautify can beauty students' study lives, purify the mind, improve their ideological level, complete humanistic transcendence and perfect value tendency, and improve aesthetic appeal and aesthetic ability in the nurture.

Key words: Aesthetic taste; Aesthetic ability; Positive influence; College ball game fans; Ball games

(上接67页)

value model is established, and solved by Genetic Algorithm. When discussing the pricing of single product and multi-cycle, considering the demand is the exponential function of the sale price, the optimal pricing decision is researched throughout the whole logistics system. The results show the profit of enterprise will be much higher with the participation of reverse logistics. Numerical examples are provided, and the validity and feasibility of the models and algorithm have been proved.

Key words: Fuzzy environment; Reverse logistics; Single product; Multi-cycle; Pricing

(上接76页)

(Department of Physical Education, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215009)

Abstract: By using method of survey and mathematical statistics, the author carried out an analysis of the badminton status of the investigation of seven universities in Nan Jing and conducted interviews with experts. Analyzed the problem of College badminton teaching in the college of Nan Jing and carried out the analysis of responses, provide a theoretical reference for the rapid development of badminton.

Key words: Badminton; College; Nanjing; Status and countermeasures