

文章编号: 1001-0920(2009)05-0706-05

带有两次订购机会且两阶段需求相关的 Newsboy 模型

王圣东^{1,2}, 周永务^{2,3}

(1. 解放军电子工程学院 数学教研室, 合肥 230037; 2. 合肥工业大学
管理学院, 合肥 230009; 3. 华南理工大学 工商管理学院, 广州 510641)

摘要: 首先建立需求形式为一般随机变量情形下零售商的两次订购决策模型, 并从理论上证明了在两个阶段需求相互独立情形下, 零售商期望利润函数的下凹性及最优订购策略的存在唯一性, 从而弥补了已有模型在寻求最优订购策略时采用数值方法所存在的缺憾; 然后, 建立两阶段需求相关情形下带有两次订购的 Newsboy 模型, 给出了模型的分析解. 数值实例验证了模型的求解过程, 并得到了相关管理启示.

关键词: 库存; Newsboy 模型; 随机需求; 两次订购机会

中图分类号: O227

文献标识码: A

Newsboy model with two ordering opportunities and correlated demands between two periods

WANG Sheng-dong^{1,2}, ZHOU Yong-wu^{2,3}

(1. Department of Mathematics, Electronic Engineering Institute of PLA, Hefei 230037, China; 2. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 3. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China. Correspondent: WANG Sheng-dong, E-mail: mswangsd@sina.com.cn)

Abstract: The two-ordering decision models are established by considering that the demand distributions have general distribution forms. The concaveness of the retailer's expected profit and existence and the uniqueness of optimal ordering policies are proved under the assumption that the first-period and the second-period demands are independent. The two-ordering Newsboy model is developed by considering the correlation between the first-period and the second-period demands. An analytical solution is provided to find the optimal ordering policies. Numerical examples illustrate the solution procedure. And some managerial insights are obtained as well through the sensitivity analyses.

Key words: Inventory; Newsboy model; Random demand; Two order opportunities

1 引言

传统的报童问题假设零售商只有一次订购机会, 即在销售季节开始前决定产品的订购数量^[1-8]. 由于在季节末没有销售出去的季节性商品会以远低于成本的价格处理掉, 零售商不敢购买过多的产品, 从而导致了较低的供货服务水平. 在实际生活中, 有些季节性产品(或称易逝品)相对销售周期比较长, 如服装、电子产品等, 零售商完全可以在销售期间进行第 2 次订购. 这样将整个商品的订购分为两次, 一方面由于将整个销售周期分为两个较短的子周期,

可以提高零售商对需求的预测精度; 另一方面, 第 1 阶段没有销售完的产品可在第 2 阶段继续销售, 从而减少零售商的风险, 提高零售商的利润. 文献[9]通过对服装类产品的实证研究, 指出两阶段订购策略往往能使零售企业利润上升 30%~50%. 下面以移动闪存盘为例来说明两阶段订购在商业运作中的广泛应用. 移动闪存盘是一种典型的易逝品, 具有如下两个特性: 1) 移动闪存盘本身更新换代比较快, 产品周期一般小于 12 个月, 比如容量为 16M 的移动闪存盘在 2002 年上半年还是主流产品, 但到下半

收稿日期: 2008-05-16; 修回日期: 2008-10-20.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70771034); 新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-05-0557); 高等学校全国优秀博士论文作者专项基金项目(200565); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20060359007).

作者简介: 王圣东(1974—), 男, 安徽肥东人, 讲师, 博士生, 从事物流与供应链管理的研究; 周永务(1964—), 男, 安徽庐江人, 教授, 博士生导师, 博士, 从事物流与供应链管理的研究.

年其销售量就大幅下降,主流产品变为了 32M 且向 64M 转移.到 2003 年,用户基本上选择 64M 和 128M 移动闪存盘,16M 产品已无人问津.2) 市场上有众多品牌,竞争非常激烈,比如爱国者、朗科、金士顿等.上述两个特性使得零售商代理某个特定品牌的某容量产品时,往往难以预测其在较长一段时间内的需求情况.因此,移动闪存盘代理商们一般都是先发出一个订单订购一定的批量,在销售一段时间后,根据销售情况来预测未来一段时间的需求,然后根据预测结果发出第 2 次订单.采取这种两阶段订购策略,代理商们就不会由于一次性订购过少所带来的销售机会损失,也不会由于一次订购过多远超过实际需求而导致的大量亏损.

已有文献对于带有两次订购机会的 Newsboy 问题的研究主要分为两大类.第 1 类是假定零售商在销售期末有第 2 次订购机会.此类问题首先由 Weng^[10] 提出并建立了相应的模型.第 2 类是假定零售商在销售期内的某个时间点有第 2 次订购机会.此类问题首先由 Lau 和 Lau^[11,12] 提出并建立了相应的模型,侯云章等^[13] 则在 Lau 和 Lau 模型的框架下,进一步考虑了零售商在销售物品时有一个常数返回率问题.第 1 类问题实际上是第 2 类问题的极端情形,因此本文着重于第 2 类问题的研究,即将整个销售期分成两个阶段,每个阶段的需求均为随机变量.虽然文献[11-13]已经建立了第 2 类问题的基本框架,但是这些模型中主要存在如下 3 点不足: 1) 这些模型均假定两个阶段的需求是相互独立的正态随机变量,而在实际中需求很可能具有其他分布形式,并且第 1 阶段需求往往对第 2 阶段的需求有影响;2) 这些模型都没有考虑产品短缺时的缺货损失费用,而缺货损失费用对零售商的订购决策往往有重要影响;3) 这些模型在寻求最优订购策略时均声称由于模型的复杂性,要想给出模型的解析解几乎不可能,因此他们都采用了数值求解的方法.

本文首先在修正了上述文献^[11-13] 存在的不足的前提下,建立了需求形式为一般随机变量情形下零售商的两次订购决策模型,并从理论上证明了在两个阶段需求相互独立情形下,零售商期望利润函数的下凹性及最优订购策略的存在唯一性,从而弥补了已有模型^[11-13] 在寻求最优订购策略时采用数值方法存在的缺憾.另外,已有文献^[11-13] 为便于模型的建立和分析,均假定两个阶段的需求是相互独立的随机变量.然而,实际中两个销售阶段的需求往往是相关的,这种相关性体现在如下两个方面:1) 正相关性.这种情形出现的背景是由于零售商销售的产品性能优良、较实用等因素,在第 1 阶段购买该产品的

顾客往往会向其他消费者推荐该产品,通过这种口头或网络传播等效应使得第 2 阶段的需求增加(有时在第 1 阶段购买该产品的顾客由于使用产品后觉得产品性能优良,会在第 2 阶段再次订购,这同样会使得第 2 阶段产品的需求增加).2) 负相关性.这种情形的出现可能是由于产品质量较差或设计存在缺陷等原因,使得第 1 阶段的顾客对所购买产品不满意,同样这种不满意或失望的情绪通过口头或网络传播等效应会对打算购买该产品的潜在消费者产生消极影响,促使他们放弃购买,从而最终降低了第 2 阶段的需求.无论是哪一种情形出现,都体现了第 1 阶段需求对第 2 阶段的影响.因此,本文建立了两阶段需求相关情形下,带有两次订购的 Newsboy 模型,给出了模型的分析解,并通过数值实例验证了模型的求解过程.

2 记号与假定

x_i 表示第 i 个阶段的需求量. $\mu_i, f_i(\cdot), F_i(\cdot), F_i^{-1}(\cdot)$ 分别表示第 i 阶段随机需求的期望、概率密度函数、需求分布函数以及需求分布函数的反函数.由于需求不可能为负值,假定 $f_i(x_i) \geq 0$. Q_i 表示在第 i 个阶段开始时的订购量, $i = 1, 2$. 第 2 个阶段末,若产品短缺则产生缺货损失成本;若产品过剩,则以折扣价 v 进行清仓处理.单位产品的售价为 p ,单位产品的购买成本为 c ,每单位产品引起的缺货损失费用为 s .

假定 1 整个销售期被分成两个阶段,零售商在第 1 个阶段和第 2 个阶段开始前分别有一次订购机会.

假定 2 第 1 个阶段末若产品过剩,则可以在第 2 个阶段继续销售;若产品短缺,则未满足的需求将损失掉,从而产生缺货损失成本.

假定 3 不失一般性,假定 $p > c > v$.

3 模型的建立

3.1 两阶段需求相互独立情形

在两阶段需求相互独立情形下,采用文献[11-13]中提供的逆推法,易得零售商在整个销售期内的期望总利润为

$$E \tau(Q_1) = (p + s) \left[Q_1 - \int_0^{Q_1} F_1(x_1) dx_1 \right] - cQ_1 - s\mu_1 + \int_0^{Q_1 - Q_2^*} \{ (p - v + s) S_2(Q_1 - x_1) + v(Q_1 - x_1) - s\mu_2 \} f_1(x_1) dx_1 + \int_{Q_1 - Q_2^*}^{Q_1} \{ (p - v + s) S_2(Q_1^*) - (c - v)Q_2^* - s\mu_2 + c(Q_1 - x_1) \} f_1(x_1) dx + \int_{Q_1}^{Q_1 + Q_2^*} \{ (p - v + s) S_2(Q_1^*) - (c - v)Q_2^* -$$

$$\mu_2 / f_1(x_1) dx_1. \tag{1}$$

其中

$$q^* = F_2^{-1}(\cdot), S_2(t) = t - \int_0^t F_2(x_2) dx_2, \\ = (p + s - c) / (p + s - v).$$

由于 q^* 和 Q_1^* 分别表示不考虑第 1 阶段和考虑第 1 阶段订购量对第 2 阶段影响的情况下, 零售商在第 2 阶段的最优订购量, 为便于区别, 本文将 q^* 称为第 2 阶段的最优持有量。

零售商的任务是寻求最优的第 1 次订购批量 Q_1^* , 以最大化其期望总利润。由一阶最优性条件可得

$$dE_{\tau}(Q_1) / dQ_1 = \\ (p + s - c) [1 - F_1(Q_1) + F_1(Q_1 - q^*)] - \\ (p + s - v) \int_0^{Q_1 - q^*} F_2(Q_1 - x_1) f_1(x_1) dx_1 = 0. \tag{2}$$

定理 1 方程(2) 存在唯一解 Q_1^* , 且零售商的期望利润 $E_{\tau}(Q_1)$ 在 Q_1^* 处取得全局最大值。

证明 令 $E_{\tau}(Q_1)$ 关于 Q_1 求二阶导数, 得

$$d^2 E_{\tau}(Q_1) / dQ_1^2 = \\ - (p + s - c) f_1(Q_1) - \\ (p + s - v) \int_0^{Q_1 - q^*} f_2(Q_1 - x_1) f_1(x_1) dx_1.$$

由于 $f_i(x_i) \geq 0$, 可得 $d^2 E_{\tau}(Q_1) / dQ_1^2 < 0$, 即 $E_{\tau}(Q_1)$ 是关于 Q_1 的下凹函数。

令 $R_1(Q_1) =$ 式(2) 的右端, 从而有

$$R_1(Q_1 = q^*) = \\ (p + s - c) [1 - F_1(q^*)] > 0, \tag{3}$$

$$R_1(Q_1 = +\infty) = \\ (p + s - c) - (p + s - v) \int_0^{+\infty} f_1(x_1) dx_1 = \\ - (c - v) < 0. \tag{4}$$

由式(3) 和(4) 可得, 存在唯一的 $Q_1^* \in (q^*, +\infty)$, 使得 $R_1(Q_1 = Q_1^*) = 0$ 。又由 $E_{\tau}(Q_1)$ 是关于 Q_1 的下凹函数, 从而可得零售商的期望利润 $E_{\tau}(Q_1)$ 在 Q_1^* 处取得全局最大值。

由定理 1 的证明过程, 可得如下推论:

推论 1 零售商在第 1 阶段的最优订购量一定大于第 2 阶段物品的最优持有量, 即 $Q_1^* > q^*$ 。

推论 1 揭示了第 1 阶段的最优订购量与第 2 阶段物品的最优持有量之间的关系, 这是文献[11-13] 采用数值求解方法难以得到的结论。

由定理 1 得到 Q_1^* 后, 由文献[11-13] 可得第 2 阶段的期望订购量为

$$E(Q_2^* | Q_1^*) =$$

$$Q_1^* \\ \int_{Q_1^* - q_2^*}^{Q_1^*} [q^* - (Q_1^* - x_1)] f_1(x_1) dx_1 + \\ \int_{Q_1^*}^{+\infty} q^* f_1(x_1) dx_1. \tag{5}$$

整个销售期内的最优总期望订购量为

$$E(Q_T^*) = Q_1^* + E(Q_2^* | Q_1^*). \tag{6}$$

3.2 两阶段需求相关情形

上一节讨论了两阶段随机需求相互独立情形下的带有两次订购的 Newsboy 问题。然而, 实际中两个销售阶段的需求往往是相关的。为便于分析, 假定第 1 阶段和第 2 阶段的需求具有如下关系:

$$x_2 = \rho x_1 + \epsilon.$$

其中: $\rho > 0$; ϵ 表示与 x_1 相互独立的随机变量, 代表市场环境的随机扰动因素; ρ 表示第 1 阶段需求对第 2 阶段需求的影响因子, $\rho > 0$ 表示两阶段需求正相关, $\rho < 0$ 表示两阶段需求负相关, $\rho = 0$ 表示两阶段需求相互独立。为建立模型, 引入如下记号: $f_2(x_2 / x_1)$, $F_2(x_2 / x_1)$ 分别表示 x_1 取某一固定值时, 随机变量 x_2 的条件密度函数和条件分布函数; $g(\cdot)$, $G(\cdot)$ 和 $G^{-1}(\cdot)$ 分别表示随机变量 ϵ 的概率密度函数、分布函数以及分布函数的反函数。

另外, 为简单起见, 本文仅讨论 $\rho \geq 0$ 的情形。对于 $\rho < 0$ 的情形, 则可以按完全类似于 $\rho \geq 0$ 的情形建立相应的模型。

在第 1 阶段销售期末, 将揭示出 x_1 的真实值, 因此第 2 阶段零售商的期望利润为

$$\bar{\pi}_2(Q_2 | x_1) = \\ (p + s - v) S_2(Q_2 | x_1) - \\ (c - v) Q_2 - \mu_{x_2/x_1}. \tag{7}$$

其中: $S_2(t / x_1) = t - \int_0^t F_2(x_2 / x_1) dx_2$; μ_{x_2/x_1} 表示在给定 x_1 前提下, 随机变量 x_2 的条件期望。

若不考虑第 1 阶段订购量对第 2 阶段订购量的影响, 则第 2 阶段的最优订货量(或最优持有量) 满足

$$F_2(q^* / x_1) = \frac{c - v}{p + s - v}. \tag{8}$$

因为 $x_2 = \rho x_1 + \epsilon$, 故有

$$F_2(q^* / x_1) = P\{x_2 < q^* | x_1\} = \\ P\{\rho x_1 + \epsilon < q^* - \rho x_1\} = \\ G(q^* - \rho x_1). \tag{9}$$

由式(8) 和(9) 易得

$$q^* = \rho x_1 + G^{-1}\left(\frac{c - v}{p + s - v}\right). \tag{10}$$

显然, 从式(10) 可以看出, q^* 是关于第 1 阶段需求 x_1 的函数, 因此不妨记 $q^* = q^*(x_1)$ 。

下面考虑第 1 阶段订购量对第 2 阶段订购量的影响。假设第 1 阶段末, 过剩商品数量为 $L =$

max{0, Q1 - x1}, 则第 2 阶段的最优订购量满足

$$Q_2^* = \begin{cases} 0, & L \leq q^*(x_1); \\ q^*(x_1) - L, & 0 < L < q^*(x_1); \\ q^*(x_1), & L = 0. \end{cases} \quad (11)$$

显然, 当 x1 > Q1 时, L = 0; 当 0 < x1 < Q1 时, L = Q1 - x1. 令

$$A(x_1) = L - q^*(x_1) = Q_1 - x_1 - q^*(x_1) - G^1(\cdot),$$

则令 A(x1) = 0 时可推得

$$x_1^0 = (Q_1 - G^1(\cdot)) / (1 + \cdot).$$

因此, 易得如下引理:

- 引理 1** 1) 若 Q1 > G^1(\cdot), 则当 0 < x1 < x1^0 时, A(x1) > 0; 当 x1^0 < x1 < Q1 时, A(x1) < 0.
 2) 若 Q1 < G^1(\cdot), 则对于任意的 x1 \in [0, Q1], 均有 A(x1) < 0.

由引理 1 可知, 需分为如下两种情形来推导零售商在整个销售期内的期望利润.

情形 1 Q1 > G^1(\cdot).

在此情形下分析需求 x1 在不同范围取值时零售商在两个阶段所获得的利润.

第 1 阶段的利润为

$$I_1 = \begin{cases} px_1 - cQ_1, & 0 < x_1 < Q_1; \\ (p - c)Q_1 - s(x_1 - Q_1), & x_1 > Q_1. \end{cases}$$

第 2 阶段的条件期望利润为

$$I_2 = \begin{cases} -\frac{1}{2}(Q_1 - x_1 / x_1) + c(Q_1 - x_1), & 0 < x_1 < x_1^0; \\ -\frac{1}{2}(q^*(x_1) / x_1) + c(Q_1 - x_1), & x_1^0 < x_1 < Q_1; \\ -\frac{1}{2}(q^*(x_1) / x_1), & x > Q_1. \end{cases}$$

综上所述, 可得在 Q1 > G^1(\cdot) 情形下, 零售商在整个销售期内的期望总利润为

$$E I_T(Q_1) = (p + s - c) S_1(Q_1) - s\mu_1 + \int_0^{x_1^0} -\frac{1}{2}(Q_1 - x_1 / x_1) f_1(x_1) dx_1 + \int_{x_1^0}^{Q_1} -\frac{1}{2}(q^*(x_1) / x_1) f_1(x_1) dx_1, \quad (12)$$

其中 S1(Q1) = Q1 - \int_0^{Q1} F1(x1) dx1.

情形 2 Q1 < G^1(\cdot).

在 Q1 < G^1(\cdot) 情形下, 由引理 1 知 A(x1) < 0, 即 L = q^*(x1). 因此, 类似于情形 1 的分析, 可得零售商在整个销售期内的期望总利润为

$$E I_T(Q_1) = (p + s - c) S_1(Q_1) - s\mu_1 +$$

$$\int_0^{Q_1} -\frac{1}{2}(q^*(x_1) / x_1) f_1(x_1) dx_1. \quad (13)$$

综合上述两种情形, 可得零售商的期望利润为

$$E I_T(Q_1) = \begin{cases} E I_T^1(Q_1), & Q_1 > G^1(\cdot); \\ E I_T^2(Q_1), & Q_1 < G^1(\cdot). \end{cases} \quad (14)$$

下面的任务是寻求最优的第 1 次订购量 Q1^*, 以最大化零售商在整个销售期内的期望利润 E I_T(Q1). 由于 E I_T(Q1) 是分段函数, 求解其最大化问题可转化为如下的两个子优化问题:

$$\max E I_T^1(Q_1), \quad \text{s.t. } Q_1 > G^1(\cdot); \quad (15)$$

$$\max E I_T^2(Q_1), \quad \text{s.t. } Q_1 < G^1(\cdot). \quad (16)$$

- 引理 2** 1) E I_T^1(Q1) 是关于 Q1 的下凹函数;
 2) E I_T^2(Q1) 是关于 Q1 的单增函数.

证明略.

根据引理 2 求解问题(15). 先不考虑约束条件 Q1 > G^1(\cdot), 则由 E I_T^1(Q1) 关于 Q1 的一阶最优性条件得

$$(p + s - c)[1 - F_1(Q_1)] + \int_0^{x_1^0} [(p + s - c) - (p + s - v) F_2(Q_1 - x_1 / x_1)] f_1(x_1) dx = 0.$$

令 R2(Q1) 等于上式的左端, 则有如下引理成立:

引理 3 存在唯一的 Q1^0 \in (0, +\infty), 使得 R2(Q1 = Q1^0) = 0.

由引理 3, 并考虑约束条件 Q1 > G^1(\cdot), 可得问题(15)的最优解为

$$Q_1^* = \begin{cases} Q_1^0, & Q_1^0 > G^1(\cdot); \\ G^1(\cdot), & Q_1^0 < G^1(\cdot). \end{cases} \quad (17)$$

其中 Q1^0 满足

$$(p + s - c)[1 - F_1(Q_1^0)] + \int_0^{x_1^0} [(p + s - c) - (p + s - v) F_2(Q_1^0 - x_1 / x_1)] f_1(x_1) dx = 0. \quad (18)$$

由引理 3 可知, E I_T^2(Q1) 是关于 Q1 的单增函数, 因此问题(16)的最优解为

$$Q_1^* = G^1(\cdot). \quad (19)$$

注意到 E I_T^2(Q1) = E I_T^2(Q1 = G^1(\cdot)) = E I_T^1(Q1 = G^1(\cdot)) = E I_T^1(Q1 = Q1^*), 故有如下定理:

定理 2 使得零售商在整个销售期内的期望利润取得最大的唯一的最优第 1 次订购量 Q1^* 满足 Q1^* = Q1^*.

由定理 2 得到 Q1^* 后, 代入式(14) 可得最优期

望利润为

$$E \tau(Q_1^*) = E \tau(Q_1^1). \quad (20)$$

将 Q_1^* 代入式(11), 可得第2阶段的期望订购量为

$$E(Q_2^* / Q_1^*) = \int_{x_1^0}^{Q_1^*} [q^*(x_1) - (Q_1^* - x_1)] f_1(x_1) dx_1 + \int_{Q_1^*}^{+\infty} q^*(x_1) f_1(x_1) dx_1. \quad (21)$$

整个销售期内的最优总期望订购量为

$$E(Q_T^*) = Q_1^* + E(Q_2^* / Q_1^*). \quad (22)$$

4 数值仿真分析

为验证上述模型结论, 考虑如下数值实例. 模型中用到的参数如下: $p = 10, c = 4, s = 6, v = 2$. 假定在第1阶段的随机需求 x_1 服从参数为 $\mu_1 = 100$ 的指数分布, 第2阶段的随机需求中的相关参数为 $\mu_2 = 100, \sigma_2 = 0.5, x_2 \sim N(0, \sigma_2^2)$, 其中 $\sigma_2^2 = 4$.

利用 Matlab 7.0 提供的一维搜索方法求解方程(18), 可得唯一的解 $Q_1^0 = 233.5$. 因为 $Q_1^0 > G^{-1}(\alpha) = 102.1$, 所以第1次最优订购量 $Q_1^* = 233.5$. 将 Q_1^* 分别代入式(20) ~ (22), 可得第2次期望订购量 $E(Q_2^* / Q_1^*) = 52.8$, 整个销售期内的最优总期望订购量为 $E(Q_T^*) = 286.3$, 零售商在整个销售期内的期望总利润为 $E \tau(Q_1^*) = 1291.0$.

下面分析第1阶段需求对第2阶段需求的影响因子, 第2阶段需求中随机扰动因素的均方差, 单位物品的赢利能力 c/p , 单位物品缺货损失费用 s 及残值 v 对两次最优订购策略及期望利润的影响. 限于篇幅, 这些灵敏度分析不再列出, 这里只给出规律性的结论和相关的管理启示.

1) 第1次订购量 Q_1^* 和总期望订购量 $E(Q_T^*)$ 随着 μ_1, μ_2, v 和 s 的增加而增加, 但却随着 c/p 的增加而减小; 第2次期望订购量随着 $\mu_2, \sigma_2, c/p$ 的增加而增加, 但却随着 s 和 v 的增加而减小.

2) $E \tau^*$ 随着 μ_1 和 v 的增加而增加, 但却随着 μ_2, s 和 c/p 的增加而减小. 从需求的角度看, 第1阶段需求对第2阶段的需求影响越大, 零售商的期望利润越大, 但是如果第2阶段需求的不确定性越大, 则对零售商越不利. 另外, 从赢利的角度看, 如果 c/p 增加, 即单位物品的赢利能力下降, 则零售商的期望利润也随之下降.

3) 两次订购策略下的期望总订购量 $E(Q_T^*)$ 总是小于一次订购策略下的订购量 Q_1^* , 但两次订购策略下零售商期望总利润 $E \tau^*$ 总是大于一次订购策略下零售商期望总利润 $E \tau$. 并且两次订购策略下零售商期望总利润相对于一次订购策略下零售商期望总利润增加的百分比随着 μ_1, μ_2, s 以及 c/p 的增

加而增加, 但却随着 v 的增加而减小. 这意味着第1阶段需求对第2阶段的影响加大, 第2阶段需求的不确定性增加, 单位缺货损失费用越大以及单位物品的赢利能力越小, 采取两次订购策略比采取一次订购策略越有利. 但是, 随着单位物品残值的增大, 与采取一次订购策略相比, 采取两次订购策略的优越性越来越小.

4) 当总需求保持不变时, 若第1阶段需求增加, 则第1次订购量和期望总订购量均增加, 但第2次期望订购量却减小, 并且零售商的期望利润随着第1阶段需求的升高而降低.

5 结论

如何降低需求不确定性对零售商订购决策的不利影响, 一直是理论界和商业实践中的研究重点, 本文讨论的两次订购策略就是其中一种有效的手段. 已有文献在讨论带有两次订购机会的 Newsboy 问题时, 均假定两个阶段的需求是相互独立的. 然而, 在实际中, 第1阶段需求往往对第2阶段需求有着重要影响. 因此, 本文在假定两阶段需求相关情形下, 建立了带有两次订购的 Newsboy 模型, 给出了模型的分析解, 通过数值实例验证了模型的求解过程, 并得到了相关的管理启示. 进一步的研究可以将问题扩展为需求与零售商的销售价格有关的情形. 另外, 由于已经给出了两阶段需求相关情形下带有两次订购的 Newsboy 问题的分析框架, 进一步可以很容易地将上游的制造商加入进来, 考虑两层次供应链的协调问题.

参考文献(References)

- [1] Sankarasubramanian E, Kumaraswamy S. Optimal order quantity for pre-determined level of profit [J]. *Management Science*, 1983, 29(4): 512-514.
- [2] Lau H, Lau A. The newsstand problem: A capacitated multiple-product single period inventory problem [J]. *European J of Operational Research*, 1996, 94(11): 29-42.
- [3] Vairaktarakis G L. Robust multi-item Newsboy models with a budget constraint [J]. *Int J of Production Economics*, 2000, 66(3): 213-226.
- [4] Moon I, Silver E A. The multi-item newsvendor problem with a budget constraint and fixed ordering costs [J]. *J of the Operational Research Society*, 2000, 51(5): 602-608.
- [5] Abdel-Malek L, Montanarib R, Morales L C. Exact, approximate, and generic iterative models for the multi-product Newsboy problem with budget constraint [J]. *Int J of Production Economics*, 2004, 91(2): 189-198.

(下转第716页)

- design: The case of competing retailers [J]. *Management Science*, 2006, 52(1): 1-14.
- [4] Dobos I. Optimal production-inventory strategies for a HMMs-type reverse logistics systems [J]. *Int J of Production Economics*, 2003, 81-82(1): 351-360.
- [5] Choia T M, Yan D L H, Chiu C H. Channel coordination in supply chains with agents having near-variance objectives[J]. *Omega*, 2008, 36(4): 565-576.
- [6] Lee C H, Rhee B D. Channel coordination using product returns for a supply chain with stochastic salvage capacity[J]. *European J of Operational Research*, 2007, 177(1): 214-238.
- [7] Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N V. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing [J]. *Management Science*, 2004, 50(2): 239-252.
- [8] Ferrer G, Swaminathan J M. Managing new and remanufactured products [J]. *Management Science*, 2006, 54(1): 15-26.
- [9] DeCroix G A. Optimal policy for a multiechelon inventory system with remanufacturing[J]. *Operations Research*, 2006, 54(3): 532-543.
- [10] Nakashimay K. Optimal control for a remanufacturing system[J]. *Int J of Production Research*, 2004, 42(17): 3619-3625.
- [11] Guide V D R, Vaiay J, Jonathan D L. Building contingency planning for closed-loop supply chains with product recovery [J]. *J of Operations Management*, 2003, 21(3): 259-279.
- [12] Dimitrios V, Patroklos G, Eleftherios I. A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains [J]. *Computers & Operations Research*, 2007, 34(2): 367-394.
- [13] Guide V D R, Harrison T P, Wassenhove L N V. The challenge of closed-loop supply chain [J]. *Interface*, 2003, 33(6): 3-6.
- [14] 徐家旺, 黄小原, 邱若臻. 需求不确定环境下闭环供应链的鲁棒运作策略设计[J]. *中国管理科学*, 2007, 15(6): 111-117.
(Xu J W, Huang X Y, Qiu R Z. Robust operating strategy design for closed-loop supply chain with uncertain demands [J]. *China J of Management Science*, 2007, 15(6): 111-117.)
- [15] Lau A H L, Lau H S, Wang J C. Pricing and volume discounting for a dominant retailer with uncertain manufacturing cost information [J]. *European J of Operational Research*, 2007, 183(2): 848-870.
- [16] Lieckens K, Vandaele N. Reverse logistics network design with stochastic lead times [J]. *Computers & Operations Research*, 2007, 34(2): 395-416.

(上接第 710 页)

- [6] 周永务, 杨善林. Newsboy 型商品最优广告费用与订货策略的联合确定[J]. *系统工程理论与实践*, 2002, 22(11): 59-63.
(Zhou Y W, Yang S L. Joint determination of optimal advertisement cost and order policy for Newsboy-type product [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2002, 22(11): 59-63.)
- [7] Khouja M, Robbins S S. Linking advertising and quantity decisions in the single-period inventory model [J]. *Int J of Production Economics*, 2003, 86(2): 93-105.
- [8] Lau A, Lau H, Wang J C. Designing a quantity discount scheme for a newsvendor-type product with numerous heterogeneous retailers [J]. *European J of Operational Research*, 2007, 180(2): 585-600.
- [9] Hunter N, King R E, Nuttle H L W. Evaluation of traditional and quick response retailing procedures using stochastic simulation model [J]. *J of Textile Institute*, 1996, 87(1): 42-55.
- [10] Weng Z K. Coordinating order quantities between the manufacturer and the buyer: A generalized newsvendor model [J]. *European J of Operational Research*, 2004, 156(1): 148-161.
- [11] Lau H S, Lau A H. Reordering strategies for a newsboy-type product [J]. *European J of Operational Research*, 1997, 103(3): 557-572.
- [12] Lau A H, Lau H S. Decision models for single-period products with two ordering opportunities [J]. *Int J of Production Economics*, 1998, 55(1): 57-70.
- [13] 侯云章, 戴更新, 于庆东. 二次订货策略在单周期产品逆向供应链中的应用 [J]. *系统工程理论与实践*, 2005, 25(11): 35-40.
(Hou Y Z, Dai G X, Yu Q D. The application of two ordering opportunities in single-period products of reverse supply chain management [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2005, 25(11): 35-40.)