

文章编号: 1001-0920(2013)04-0579-06

两阶段需求相关的动态易逝品最优订货策略

王圣东¹, 汪峻萍², 周永务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
数学学院, 合肥 230009; 3. 华南理工大学 工商管理学院, 广州 510641)

摘要: 以动态市场环境下的易逝品为研究对象, 针对两阶段需求相关、每次订货时带有固定的订购费用以及未满足需求部分延期供给等实际现象, 建立了动态易逝品销售商两阶段订货决策模型. 对模型的最优解进行了理论分析, 并提出了寻求两阶段订货策略的简单方法. 以朗科优盘经销商的采购实例来说明该模型的应用价值. 最后, 通过探讨订货决策与需求波动、两阶段需求相关系数以及延期供给率等因素的关系, 得出了一些重要的管理启示.

关键词: 易逝品; 动态市场; 订购; 随机需求; 需求相关

中图分类号: O22

文献标志码: A

Optimal order policy for dynamic perishable product with demand correlation between two periods

WANG Sheng-dong¹, WANG Jun-ping², ZHOU Yong-wu³

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

Abstract: This paper develops a two-period order decision model for the dynamic perishable product. The theoretical analysis of the optimal solutions to the considered problem is presented, and a simple method for finding the optimal two-period order policy is given as well. A practical purchasing example of Netac USB flash driver is presented to illustrate the application of the model. Finally, according to the investigation of the relationships between the order decision and such factors as the demand fluctuation, the correlation coefficient of two-period demands, and backlogging rate, some important managerial insights are obtained.

Key words: perishable product; dynamic markets; ordering; stochastic demand; demand correlation

0 引言

动态易逝品是指由于技术的进步或消费者偏好的变化而导致其价格随着时间的推移而不断下降的产品^[1-3]. 此类产品的老产品与新一代产品会在市场上共存一段时间, 然后才逐渐淡出市场, 例如数码产品、移动通讯终端产品等. 据中关村在线调研中心 (<http://zdc.zol.com.cn/>) 的数据显示, 2007年第2季度中国笔记本和台式电脑价格每月平均下降0.63%, 数码相机价格每月平均降幅为2.27%, 而手机价格每月平均降幅更是高达7.05%^[4]. 由于动态易逝品需求的不确定性以及预期价格将要下跌, 销售商如何制定恰当的订货策略以最大化自身的利益引起人们的广泛

关注. Lee等^[5]以家用电脑供应链为研究背景, 探讨了单制造商单零售商两层供应链的生产订货决策问题, 并设计了一个价格保护合约以实现供应链的协调. Taylor^[6]在文献[5]的基础上进一步探讨了价格保护、期中退货、期末退货等不同策略组合对供应链订货策略协调的影响. 艾兴政等^[7]则拓宽了Taylor的研究成果, 研究了在零售市场中价格上涨环境下订货决策和渠道协调问题. Lu等^[8]在Taylor的基础上进一步考虑了回扣策略对零售商订货决策的影响. 与前面的研究不同, Linh等^[9]着重研究了针对一次和两次订购机会情形, 如何分别设计收益共享契约以实现供应链的协调和供应链成员间的双赢. 张喆等^[4,10]探讨了单次订

收稿日期: 2011-12-25; 修回日期: 2012-03-31.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71131003); 国家自然科学基金项目(71072165).

作者简介: 王圣东(1974—), 男, 副教授, 博士, 从事库存控制与优化、物流与供应链管理等研究; 周永务(1964—), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理等研究.

购机会下价格保护策略协调问题,指出了选择恰当的批发价和补偿因子可以获得渠道协调,并降低零售商库存风险,使集成供应链增值. Pan等^[11]考虑了随机需求下零售商的两阶段销售价格与订购量的联合确定问题. 黄河等^[12]则探讨了短生命周期产品动态定价决策及供应链协调问题.

文献[4-12]所建立的模型虽然是实际问题的概括和提炼,但离实际的商业运作还有较大的差距,主要表现在以下3个方面: 1) 已有文献均假定两个阶段的需求是相互独立的随机变量. 然而,在实际中,两个销售阶段的需求往往是相关的. 考虑产品不同阶段需求相关性的企业很多. 例如,戴尔拥有高效的售后客户反馈机制,其目的之一是收集已售出产品的评价信息,从而确保戴尔在产品的剩余生命周期内能较准确地预测该产品的需求情况. 2) 已有文献都没有考虑销售商每次订购时所产生的固定的订购费用. 然而在实际中,许多易逝品分销商或零售商每次订购时都会产生一个与订货量无关的费用,包括订单请求、估价、订单核对、订单发出、联络通信、差旅、进货检查、进库搬运等费用. 在随机需求环境下,固定的订购费用对零售商的决策有着重要的影响^[1]. 一旦考虑固定的订购费用,动态市场环境下零售商的最优订货策略将是 (s, S) 型策略,而不是文献[4-12]中所采取的 S -型策略(即订购至库存水平 S 策略). 3) 已有文献都假定第1阶段未满足的需求全部损失掉. 但是现实中销售商在销售期内还有第2次补货机会,因此在缺货发生后,有一部分对销售商品牌忠诚度较高的顾客会等待延期供货.

本文以动态市场环境下的易逝品为研究对象,以两阶段newsboy模型为框架,探讨销售商的订货决策问题. 针对两阶段需求相关、每次订货时带有固定的订购费用以及第1阶段未满足需求部分延期供给等实际情况,建立了动态易逝品销售商两阶段订货决策模型. 通常即使在静态市场环境下(即产品的价值在产品生命周期内保持不变),当考虑固定订购费用时,在 (s, S) 型策略下寻求两阶段newsboy模型分析解的难度要远大于在 S -型策略下寻求分析解的难度^[13]. 但是本文将证明所建立模型解的存在唯一性并给出具体的求解方法. 然后,以朗科优盘经销商的采购实例来说明本模型的应用价值. 最后,通过探讨订货决策与需求波动、两阶段需求相关系数以及延期供给率等因素的关系,得出了一些管理层面的重要启示.

1 记号与假定

为了便于建立具体的决策模型,首先给出如下的记号与假定:

1) 产品的销售季节开始于零时刻,在 T 时刻结

束. 升级换代的新产品在 t_0 时刻投放市场,其中 $t_0 \in [0, T]$. 因此,(老)产品的整个销售季节被分成两个阶段: $[0, t_0]$ 表示第1个阶段, $[t_0, T]$ 表示第2个阶段. 销售商在每一个阶段初各有一次订购机会.

2) x_i 表示第 i ($i = 1, 2$)个阶段的需求量. 假设 x_i 为非负随机变量,其先验概率分布函数和概率密度函数分别为 $F_i(x_i)$ 和 $f_i(x_i)$,均值为 μ_{x_i} .

3) $f_{2|1}(x_2|x_1)$ 和 $F_{2|1}(x_2|x_1)$ 分别表示随机变量 x_1 取定值情形下 x_2 的条件概率密度函数和条件概率分布函数, $\mu_{x_2|x_1}$ 表示随机变量 x_1 取定值情形下 x_2 的均值.

4) p_i 表示销售商在第 i ($i = 1, 2$)个阶段单位产品的销售价格.

5) c_i 表示销售商在第 i ($i = 1, 2$)个阶段单位产品的购买成本.

6) h 表示第1阶段单位剩余产品的库存成本.

7) g_i 表示第 i ($i = 1, 2$)个阶段损失单位产品销售机会而产生的缺货费用.

8) Q_i 表示第 i ($i = 1, 2$)个阶段初销售商的订货量.

9) S_i 表示第 i ($i = 1, 2$)个阶段初销售商的订购至水平, s_2 表示第2阶段的再订购点.

10) θ ($0 \leq \theta \leq 1$)表示第1阶段未满足的需求(即短缺量)的延期供给率.

11) A_i 表示第 i ($i = 1, 2$)个阶段固定的订购费用,该费用只与订购次数有关,而与订购数量无关.

12) v 表示第2阶段末单位剩余产品的残值,且 $v < c_2$.

13) y 表示第1阶段末未销售完的剩余产品数量,即 $y = Q_1 - x_1$.

14) 假设第1阶段单位产品的销售价格和购买成本分别大于第2阶段相应的量,即 $p_1 > p_2, c_1 > c_2$.

15) 销售季节初(或第1阶段初)的库存水平为零. 此假设表明第1阶段的订购至库存水平与第1阶段的订购量相同,即 $S_1 = Q_1$.

16) 假设升级换代的新产品在第2阶段初引入市场. 尽管这些新产品能够吸引众多消费者,但在第2阶段,仍然有许多顾客钟爱老产品,这是因为老产品的功能已经能够满足消费者的需求,而且老产品实惠的价格往往更能令消费者心动.

17) 在实际中,第2阶段老产品的需求往往与第1阶段已满足的需求相关. 为了刻画这种相关性,假定

$$x_2 = \alpha + \beta x_1 + \varepsilon. \quad (1)$$

其中: α 为正常数; β ($\beta > -1$)为一阶相关系数,用来衡量第1阶段的需求对第2阶段需求的影响度; ε 为

随机环境扰动量, 其概率分布函数为 $\Phi(\cdot)$, 且与随机变量 x_1 相互独立. 上述假定意味着第2阶段的需求包含两个部分: 基本随机需求量 $\alpha + \varepsilon$ 和 βx_1 . 前者与第1阶段的需求量相互独立; 后者当 β 大于(小于)零时, 表示第1阶段的需求与第2阶段的需求正(负)相关.

2 模型建立

在两阶段动态市场环境下, 销售商首先需要在销售季节初(即第1阶段初)作一次订货决策; 然后根据第1阶段的销售情况来决策在第2阶段初是否需要发出第2次订单. 销售商的目标是确定两个阶段的最优订货量以最大化整个销售季节的期望利润. 由于销售季节初(或第1阶段初)的库存水平为零, 第1阶段的订货策略是 S 型策略, 即订购至库存水平与第1阶段的订购量相同; 但是对于第2阶段, 由于该阶段初库存水平未必为零, 对于固定的订购费用 A_2 , 该阶段的订货策略是 (s, S) 型策略. 因为第1阶段末的剩余库存量为 $y = Q_1 - x_1$, 所以在第2阶段初, 销售商面临两种选择: 或者订货且使库存水平上升至 S_2 ; 或者不订货. 为了方便起见, 定义如下两个关于 z 的函数:

$$Y_2(z|x_1) = z - \int_0^z F_{2|1}(x_2|x_1)dx_2,$$

$$TP_2(z|x_1) = (p_2 + g_2 - v)Y_2(z|x_1) - (c_2 - v)z - g_2\mu_{x_2|x_1}. \quad (2)$$

如果在第2阶段初销售商选择订货, 则销售商在第2阶段的条件期望利润为

$$TP_2(S_2|x_1) - A_2 + yc_2. \quad (3)$$

因 $TP_2(S_2|x_1)$ 是关于 S_2 的下凹函数, 故求解一阶最优性条件 $TP_2(S_2|x_1)$ 可得最优订购至水平 S_2^* 满足

$$F_{2|1}(S_2^*|x_1) = \eta, \quad (4)$$

其中 $\eta = (p_2 + g_2 - c_2)/(p_2 + g_2 - v)$.

利用式(1)和(4)可得 $\eta = F_{2|1}(S_2^*|x_1) = P\{x_2 < S_2^*|x_1\} = P\{\varepsilon < S_2^* - \alpha - \beta x_1\} = \Phi(S_2^* - \alpha - \beta x_1)$, 从而

$$S_2^* = \alpha + \beta x_1 + \Phi^{-1}(\eta). \quad (5)$$

相反, 如果在第2阶段初销售商选择不订货, 则相应的条件期望利润为

$$TP_2(y|x_1) + yc_2. \quad (6)$$

显然, 只有当下式成立时, 销售商才愿意进行第2次订货:

$$TP_2(S_2^*|x_1) - A_2 \geq TP_2(y|x_1). \quad (7)$$

由式(7)可得, 最优的再订购点 s_2^* 应满足

$$TP_2(S_2^*|x_1) - A_2 = TP_2(s_2^*|x_1).$$

进一步化简, 可得

$$(p_2 + g_2 - c_2)(S_2^* - s_2^*) - (p_2 + g_2 - v) \int_{s_2^*}^{S_2^*} F_{2|1}(x_2|x_1)dx_2 = A_2. \quad (8)$$

对等式(8)两边分别关于 x_1 求导, 并进一步化简, 可得

$$ds_2^*/dx_1 = \beta. \quad (9)$$

因此, 最优的再订购点 s_2^* 可以表示为

$$s_2^* = \beta x_1 + \tau, \quad (10)$$

其中 τ 由下式给出:

$$(p_2 + g_2 - c_2)[\alpha + \Phi^{-1}(\eta) - \tau] - (p_2 + g_2 - v) \int_{\tau - \alpha}^{\Phi^{-1}(\eta)} \Phi(t)dt - A_2 = 0. \quad (11)$$

由上述分析可得第2阶段的最优订货量为

$$Q_2^* = \begin{cases} 0, & y \geq s_2^*; \\ S_2^* - y, & 0 < y < s_2^*; \\ S_2^* - \theta y, & y \leq 0. \end{cases} \quad (12)$$

引理1 令 $A(x_1) = y - s_2^* = Q_1 - x_1 - s_2^*$, $x_1^c = (Q_1 - \tau)/(1 + \beta)$, 则有:

- 1) 当 $Q_1 \leq \tau$ 时, 对于任意 $x_1 \geq 0$, $A(x_1) \leq 0$.
- 2) 当 $Q_1 \geq \tau$ 时, 若 $0 \leq x_1 \leq x_1^c$, 则 $A(x_1) \geq 0$; 若 $x_1 > x_1^c$, 则 $A(x_1) < 0$.

证明 当 $x_1 \geq Q_1$, $A(x_1) \leq 0$; 当 $0 \leq x_1 < Q_1$, 解方程 $A(x_1) = 0$ 可得唯一根 $x_1^c = (Q_1 - \tau)/(1 + \beta)$. 由此根易知引理1成立. \square

由引理1可知, 需要根据 $Q_1 \leq \tau$ 和 $Q_1 \geq \tau$ 这两种情形分别推导销售商在整个销售季节的期望利润函数.

通过进一步分析, 易得销售商在整个销售期内的期望利润为

$$\Pi(Q_1) = \begin{cases} \Pi_1(Q_1), & Q_1 \leq \tau; \\ \Pi_2(Q_1), & Q_1 \geq \tau. \end{cases} \quad (13)$$

其中

$$\begin{aligned} \Pi_1(Q_1) = & [(p_2 - c_2)\theta - g_1(1 - \theta)]\mu_{x_1} + [p_1 + h - c_2 - (p_2 - c_2)\theta + g_1(1 - \theta)]Y_1(Q_1) - (c_1 + h - c_2)Q_1 + \int_0^{+\infty} TP_2(S_2^*|x_1)f_1(x_1)dx_1 - (A_1 + A_2), \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \Pi_2(Q_1) = & [(p_2 - c_2)\theta - g_1(1 - \theta)]\mu_{x_1} + [p_1 + h - c_2 - (p_2 - c_2)\theta + g_1(1 - \theta)]Y_1(Q_1) - (c_1 + h - c_2)Q_1 + \int_0^{x_1^c} TP_2(Q_1 - x_1|x_1)f_1(x_1)dx_1 + \int_{x_1^c}^{+\infty} TP_2(S_2^*|x_1)f_1(x_1)dx_1 - \end{aligned}$$

$$A_1 - A_2(1 - F_1(x_1^c)), \quad (15)$$

$$Y_1(Q_1) = Q_1 - \int_0^{Q_1} F_1(x_1) dx_1.$$

因为 $\Pi_1(\tau) = \Pi_2(\tau)$, 所以 $\Pi(Q_1)$ 在 $(0, +\infty)$ 上是连续的. 本文要解决的问题是: 1) 第 1 阶段的最优订购量是多少? 2) 第 2 阶段是否需要再次发出订单? 若需要, 第 2 阶段的订货量多大? 下面将对上述模型进行分析求解.

3 模型求解

首先给出销售商期望利润函数的一个性质定理.

定理 1 1) $\Pi_1(Q_1)$ 在 $[0, \tau]$ 上是关于 Q_1 的下凹函数; 2) $\Pi_2(Q_1)$ 在 $[\tau, +\infty)$ 上是关于 Q_1 的下凹函数.

证明 分别对 $\Pi_1(Q_1)$ 和 $\Pi_2(Q_1)$ 关于 Q_1 求二阶导数, 并利用式 (8) 和 (10) 便可得知定理结论成立. \square

令

$$\xi = \frac{p_1 - c_1 - (p_2 - c_2)\theta + g_1(1 - \theta)}{p_1 + h - c_2 - (p_2 - c_2)\theta + g_1(1 - \theta)},$$

由定理 1, 可得如下的销售商最优订购策略定理.

定理 2 1) 若 $F_1(\tau) \geq \xi$, 则第 1 阶段的最优订购量 Q_1^{1*} 满足

$$F_1(Q_1^{1*}) = \xi; \quad (16)$$

2) 若 $F_1(\tau) < \xi$, 则下述方程的唯一解即为第 1 阶段的最优订购量 Q_1^{2*} :

$$\begin{aligned} 0 = & [p_1 + h - c_2 - (p_2 - c_2)\theta + g_1(1 - \theta)] \times \\ & [1 - F_1(Q_1^{2*})] - (c_1 + h - c_2) + \\ & \int_0^{x_1^c} (p_2 + g_2 - c_2) f_1(x_1) dx_1 - \\ & \int_0^{x_1^c} (p_2 + g_2 - v) F_{2|1}(Q_1^{2*} - x_1 | x_1) f_1(x_1) dx_1. \end{aligned} \quad (17)$$

证明 1) 由零点定理很容易得出方程 $d\Pi_1(Q_1)/dQ_1 = 0$ 在 $[0, \tau]$ 内存在唯一的零点 Q_1^{1*} , 且满足 $F_1(Q_1^{1*}) = \xi$. 又由定理 1 可知, $\Pi_1(Q_1)$ 是关于 Q_1 的下凹函数, 故 $\Pi_1(Q_1)$ 在唯一的零点 Q_1^{1*} 处取得最大值.

2) 若 $F_1(\tau) < \xi$, 则由零点定理知方程 $d\Pi_2(Q_1)/dQ_1 = 0$ 在 $[\tau, +\infty)$ 内存在唯一的零点 Q_1^{2*} , 且满足式 (17). 由于 $\Pi_2(Q_1)$ 在 $[\tau, +\infty)$ 上是下凹函数, 故 $\Pi_2(Q_1)$ 在 Q_1^{2*} 处取得最大值. 当 $Q_1 \in [0, \tau]$ 时, 若 $F_1(\tau) < \xi$, 则 $d\Pi_1(Q_1)/dQ_1 > 0$. 这说明若 $F_1(\tau) < \xi$, 则 $\Pi_1(Q_1)$ 在 $[0, \tau]$ 上是单调递增函数, 且在 τ 点处取得最大值. 因为 $\Pi_1(\tau) = \Pi_2(\tau)$, 所以当 $F_1(\tau) < \xi$ 时, 销售商的期望利润 $\Pi(Q_1)$ 在 Q_1^{2*} 处取得最大值. \square

由定理 2 的证明知 $Q_1^{1*} \leq \tau$, $Q_1^{2*} > \tau$. 令

$$Q_1^* = \begin{cases} Q_1^{1*}, & F_1(\tau) \geq \xi; \\ Q_1^{2*}, & F_1(\tau) < \xi. \end{cases}$$

则易得如下的第 2 阶段最优订购策略.

定理 3 1) 若 $y = Q_1^* - x_1 \geq s_2^*$, 则第 2 阶段的最优订购量 $Q_2^* = 0$; 2) 若 $0 < y < s_2^*$, 则第 2 阶段的最优订购量 $Q_2^* = S_2^* - y$; 3) 若 $y \leq 0$, 则第 2 阶段的最优订购量 $Q_2^* = S_2^* - \theta y$.

由定理 3 易得销售商第 2 阶段的最优期望订货量为

$$\begin{aligned} E(Q_2^*) = & \int_{x_1^c}^{Q_1^*} [S_2^* - (Q_1^* - x_1)] f_1(x_1) dx_1 + \\ & \int_{Q_1^*}^{+\infty} [S_2^* + \theta(x_1 - Q_1^*)] f_1(x_1) dx_1. \end{aligned} \quad (18)$$

从而, 销售商在整个销售期的总订购量为

$$E(Q_T^*) = Q_1^* + E(Q_2^*). \quad (19)$$

由式 (5) 和 (10) 可得第 2 阶段的期望最优订购至库存水平和期望最优再订购点分别为

$$E(S_2^*) = \alpha + \beta\mu_{x_1} + \Phi^{-1}(\eta), \quad E(s_2^*) = \beta\mu_{x_1} + \tau.$$

将 Q_1^* 代入式 (13), 可得销售商在整个销售季节内的最优期望利润.

综上所述, 可以按如下方法寻求销售商在两个阶段的最优订货策略: 首先, 根据定理 2 得出第 1 阶段的最优订货量; 然后根据定理 3 来确定第 2 阶段是否需要再次订购以及订购量的大小.

4 应用实例

本文以优盘为例来说明本模型的具体应用. 2006 年 4 月, 朗科公司推出一款新的优盘 U218 (512 MB), 同时还宣布, 将于 2006 年 9 月份推出该产品的升级换代产品 U260 (512 MB). 通常, 优盘的生命周期大约为 12 个月, 因此, 从 2006 年 4 月到同年的 9 月构成了产品销售的第 1 个阶段, 从 2006 年 10 月到 2007 年的 3 月构成了产品销售的第 2 个阶段. 金三环科技有限公司 (朗科公司合肥地区的一个代理商, 以下简称金三环) 根据老款朗科优盘的历史销售数据预测出第 1 阶段 U218 的需求服从正态分布, 其均值为 $\mu_{x_1} = 600$, 标准差为 $\sigma_{x_1} = 16$. 同时, 金三环根据以往同类产品的销售数据估计出第 2 阶段 U218 的需求与第 1 阶段需求之间呈如下关系: $x_2 = 100 + 0.5x_1 + \varepsilon$, 其中 ε 为随机市场扰动, 其服从均值为零、标准差为 16 的正态分布. 两个阶段的相关参数值为: $c_1 = 140$ 元, $p_1 = 209$ 元, $g_1 = 50$ 元, $h = 1$ 元, $\theta = 0.2$, $c_2 = 110$ 元, $p_2 = 129$ 元, $g_2 = 30$ 元, $v = 43$ 元, $A_1 = A_2 = 150$ 元. 为了使销售朗科 U218 优盘的期望利润达到最大, 金三环需作出决策: 1) 第 1 阶段 U218 的最优订货量是多少? 2) 第 2 阶段是否需要再次订购 U218? 若需要, 则第 2 阶段的订货量多大?

根据本文求解方法, 利用 Matlab7.0 编程计算可得: $Q_1^* = 612$ 个, $E(Q_2^*) = 383$ 个, $E(Q_T^*) = 995$ 个,

$E(s_2^*) = 386$ 个, $E(S_2^*) = 397$ 个, $\Pi(Q_1^*) = 47308$ 元. 在第1阶段末观察到随机需求 x_1 的真实值为700个, 因此, 第2阶段的再订购点为 $s_2^* = 436$ 个. 因第1阶段末的剩余量 $y = -88 < 0$, 故第2阶段需要发出订单, 最优订购量 $Q_2^* = 465$ 个, 最优订购至库存水平为 $S_2^* = 447$ 个.

下面将重点考察需求波动、两阶段需求相关系数以及延期供给率的变化对销售商最优订货策略及期望利润的影响. 限于篇幅, 灵敏度分析将不再列出, 这里只给出规律性的结论和相关的管理启示:

1) 随着变异系数 CV 的增大, 第1阶段的最优订货量不断增加, 但第2阶段的期望订货量、第2阶段的期望最优再订购点、第2阶段期望最优订购至库存水平以及两阶段期望总订货量却不断减小.

2) 当 CV 较大时, 随着变异系数 CV 的增加, 销售商的期望利润不断减小, 这与实际情况相吻合. 然而, 当 CV 较小时, 随着 CV 的增加, 销售商的期望利润仍在不断增加. 这种情况出现的原因是: 新款产品往往存在“首轮暴利”的现象, 即第1阶段的边际利润要显著高于第2阶段的边际利润. 由于第1阶段产品的成本较高而第2阶段产品的售价较低, 将第1阶段采购的产品放到第2阶段销售, 获利甚微, 有时甚至不能保本. 但为了提高顾客服务水平, 销售商不得不将第1阶段未售出产品延期到第2阶段出售. Barnes-Schuster^[14]指出, 时尚产品(或创新性产品)的 CV 较大, 而功能性产品的 CV 较小. 因此, 上述结论意味着: 对于时尚产品(或创新性产品), 随着变异系数 CV 的增加, 销售商的期望利润不断地减小; 对于功能性产品, 随着 CV 的增加, 销售商的期望利润却不断增加.

3) 无论是 $\beta > 0$ (即第1阶段需求与第2阶段需求正相关), 还是 $\beta < 0$ (即第1阶段需求与第2阶段需求负相关), 第2阶段期望订购量和两阶段期望总订购量都随着 β 的增大而增大. 当 $\beta > 0$ 时, 随着 β 的增加, 第1阶段最优订购量保持不变; 当 $\beta < 0$ 时, 随着 β 的增加, 第1阶段最优订购量不断减小.

4) 销售商的期望利润随着 β 的增大而不断增加, 这表明销售商一方面应要求处于上游的供货商或制造商供应性能优良的好产品, 另一方面应不断改善自己的售后服务水平, 通过这些措施来提高第1阶段已实现需求的正向传播效应, 进而增加第2阶段的需求.

5) 对于需求波动性较高的产品(如高科技产品和时尚产品等), 需求的相关性越高越有价值(即需求信息越多, 价值越高).

6) 随着延期供给率 θ 的增加, 第1阶段的订购量不断减小, 但第2阶段的期望订购量和两个阶段的期望订购总量却不断增加, 并且, 随着缺货时延期供给

率 θ 的增加, 销售商的期望利润也不断增加. 这从一个方面解释了为什么在实际中一些大型的零售商和分销商都非常注重培养消费者的品牌忠诚度.

7) 销售商期望利润关于延期供给率 θ 的相对增量随着变异系数 CV 的增加而增加, 这揭示了延期供给对于需求波动性较高的产品(如高科技产品和时尚产品等)显得愈发重要, 延期供给量越大, 价值越高.

5 结 论

本文研究了动态市场环境下的易逝品订货决策问题, 建立了动态易逝品销售商两阶段订货决策模型. 重点对模型的最优解进行了详细分析, 给出了寻求销售商两阶段最优进货策略的理论依据和简单方法. 最后, 通过探讨订货决策与需求波动、两阶段需求相关系数以及延期供给率等因素的关系, 得出了一些重要的管理启示. 本文所建立的模型适用于家用电脑、移动硬盘等高科技产品以及 MP4 等时尚产品的采购和销售. 本文只探讨了销售商的订货决策问题, 进一步, 可以很容易地将本模型推广到考虑由制造商和销售商所组成的两层供应链的订货决策和渠道协调情形. 另外, 也可将本模型拓展到考虑依赖销售价格或销售努力的随机需求形式.

参考文献(References)

- [1] 周永务, 王圣东. 库存控制理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 19-25.
(Zhou Y W, Wang S D. Inventory control: Theory and methodology[M]. Beijing: Science Press, 2009: 19-25.)
- [2] Zhou Y W, Wang S D. Manufacturer-retailer coordination for newsvendor-type-products with two ordering opportunities and partial backorders[J]. European J of Operational Research, 2009, 198(3): 958-974.
- [3] 王圣东, 周永务. 带有两次订购机会的单制造商多销售商协调模型[J]. 系统工程学报, 2009, 24(4): 423-429.
(Wang S D, Zhou Y W. Single-manufacturer multi-buyer coordination model with twice ordering[J]. J of Systems Engineering, 2009, 24(4): 423-429.)
- [4] 张喆, 蒋青云. 基于价格保护策略的渠道协调[J]. 管理学报, 2009, 6(2): 241-244.
(Zhang Z, Jiang Q Y. Channel coordination with price protection[J]. Chinese J of Management, 2009, 6(2): 241-244.)
- [5] Lee H L, Padmanabhan V, Taylor T A, et al. Price protection in the personal computer industry[J]. Management Science, 2000, 46(4): 467-482.
- [6] Taylor T A. Channel coordination under price protection, midlife returns and end-life returns in dynamic markets[J]. Management Science, 2001, 47(9): 1220-1234.

- [7] 艾兴政, 唐小我, 倪得兵. 价格上涨环境下供应链的渠道协调机制研究[J]. 管理科学学报, 2004, 7(5): 24-30.
(Ai X Z, Tang X W, Ni D B. Channel coordination under midlife returns and end-of-life returns in price increasing environment[J]. J of Management Sciences in China, 2004, 7(5): 24-30.)
- [8] Lu X W, Song J S, Regan A. Rebate, returns and price protection policies in channel coordination[J]. IIE Trans, 2007, 39(2): 111-124.
- [9] Linh C T, Hong Y. Channel coordination through a revenue sharing contract in a two-period newsboy problem[J]. European J of Operational Research, 2009, 198(3): 822-829.
- [10] 张喆, 黄小原. 供应链中价格保护最优策略[C]. 中国控制与决策学术年会论文集. 西安, 2001: 744-747.
(Zhang Z, Huang X Y. The optimal price protection policy in supply chain[C]. Proc of Chinese Control and Decision Conf. Xi'an, 2001: 744-747.)
- [11] Pan K, Lai K K, Liang L, et al. Two-period pricing and ordering policy for the dominant retailer in a two-echelon supply chain with demand uncertainty[J]. Omega, 2009, 37(4): 919-929.
- [12] 黄河, 徐鸿雁, 王旭. 短生命周期产品动态定价下供应链协调问题分析[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2007, 30(6): 150-154.
(Huang H, Xu H Y, Wang X. Supply chain coordination for perishable product with dynamic pricing policy[J]. J of Chongqing University: Natural Science Edition, 2007, 30(6): 150-154.)
- [13] Silver E A, Pyke D F, Peterson R. Inventory management and production planning and scheduling[M]. The 3rd ed. New York: Wiley, 1998: 323-324.
- [14] Barnes-Schuster D, Bassok Y, Anupindi R. Coordination and flexibility in supply contracts with options[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2002, 4(3): 171-207.

(上接第578页)

- [6] 王小艺, 刘载文, 侯朝楨, 等. 一种基于最优权重分配的D-S改进算法[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 11(26): 103-107.
(Wang X Y, Liu Z W, Hou C Z, et al. An improved D-S algorithm based on the optimization weight distribution[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2006, 11(26): 103-107.)
- [7] 梁昌勇, 叶春森, 张恩桥. 一种基于一致性证据冲突的证据合成方法[J]. 中国管理科学, 2010, 18(4): 152-157.
(Liang C Y, Ye C S, Zhang E Q. A new method of combination rules of evidences based on concordance evidences conflict[J]. Chinese J of Management Science, 2010, 18(4): 152-157.)
- [8] 熊彦铭, 杨战平, 屈新芬. 基于模型修正的冲突证据组合新方法[J]. 控制与决策, 2011, 26(6): 883-887.
(Xiong Y M, Yang Z P, Qu X F. Novel combination method of conflict evidence based on evidential model modification[J]. Control and Decision, 2011, 26(6): 883-887.)
- [9] Lefevre E, Colot O. Belief function combination and conflict management[J]. Information Fusion, 2002, 3(2): 149-162.
- [10] Smets P. Analyzing the combination of conflicting belief functions[J]. Information Fusion, 2007, 8(4): 387-412.
- [11] Liu Wei-ru. Analyzing the degree of conflict among belief functions[J]. Artificial Intelligence, 2006, 170(5): 909-924.
- [12] 邓勇, 王栋, 李齐. 一种新的证据冲突分析方法[J]. 控制理论与应用, 2011, 28(6): 839-844.
(Deng Y, Wang D, Li Q. A new method to analyze evidence conflict[J]. Control Theory & Applications, 2011, 28(6): 839-844.)
- [13] Smets P, Kennes R. The transferable belief model[J]. Artificial Intelligence, 1994, 66(2): 191-234.
- [14] 马昌凤. 最优化方法及其Matlab程序设计[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1-264.
(Ma C F. Optimization method and its matlab program design[M]. Beijing: Science Press, 2010: 1-264.)