Journal of Computer Applications
计算机应用,2012,32(8):2356-2359
ISSN 1001-9081
CODEN JYIIDU
2012-08-01
http://www.joca.cn

文章编号:1001-9081(2012)08-2356-04
doi:10.3724/SP.J.1087.2012.02356

允许缺货待补的季节性商品二阶联合库存最优订购策略

陈　铓*,龚存宇
(湖南工程学院 机械工程学院,湖南 湘潭 411000)
(*通信作者电子邮箱 chenmang2003@163.com)

摘　要: 针对季节性商品提出了二阶单周期缺货待补联合库存模型,其中假设零售商的库存策略采用报童模型且零售商的需求量服从正态分布。对制造商总利润函数的最优解,提出了充分与必要条件,以期可以简便迅速地获得制造商的最优生产批量以及最优订购周期。最后,通过数值算例及在管理上的含义对必要条件进行了充分的讨论。

关键词: 季节性商品;缺货待补;最优订购策略
中图分类号: F253.4;TH166　　**文献标志码:** A

Two-stage optimal ordering policy of joint inventory with backlogging for seasonal commodity

CHEN Mang*, GONG Cun-yu
(*College of Mechanical Engineering, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan Hunan 411000, China*)

Abstract: This paper proposed a two-stage inventory model for seasonal commodity, in which the market and manufacturing channels were combined. This model can be used to solve the production policy and the order policies of the raw materials for the manufacturer. By assuming that the retailers' demand obeys normal distribution and that the retailer makes orders according to the newsboy model, the necessary and sufficient conditions were given for the optimal solution of production size, wholesale price, and replenishment cycle of raw materials for the manufacturer. Finally, the necessary condition was explored in order to obtain managerial insights and economic implications based on numerical examples and sensitivity analysis.

Key words: seasonal commodity; backlogging; optimal ordering policy

0　引言

许多商品如电子消费品、报纸、圣诞礼品、食品等,由于更新换代速度的加快或者时令性、易腐性等原因具有单季销售、强时效性的特点,Silver 等[1]称之为季节性商品。一般情况下,由于季节性商品在季节开始前只有一次订购机会,所以对其进行有效的库存控制决定了制造商的收益[2-3]。目前大多数相关研究采用的是以制造商为主的报童模型,然而如果要让制造商的总利润最大化,就必须考虑所有对其利润有影响的环节[4]。在已经提出的季节性商品库存控制模型中,一般采用中央控制策略或分布式策略,例如 Eppen[5]假设有 N 个符合正态需求的季节性商品的零售商,其相关成本均一致,研究发现中央控制策略的总成本比分布式策略的总成本要低,而当零售商彼此之间的需求关系为高度正相关时,中央控制策略的总成本与分布式策略的总成本是一样的。Chung 等[6]对 Eppen 模型进行了扩展,增加了运输成本,其研究结果与 Eppen 的结论是相似的。而 Cherikh[7]提出较一般化的库存模型,其结论也是中央控制策略的总成本较低。侯亚林等[8]利用订购风险的概念(亦即延迟订购的期望边际节省成本)发展出季节性商品二阶库存控制模型,由于该模型的复杂度很高,所以仅仅提出一个启发式解法。

上述季节性商品二阶库存控制模型主要依据库存成本来决定需要生产或销售多少数量[9],目前有一些学者除了研究如何确定订购数量之外还讨论了如何决定各项库存成本以及价格的制订,并提出了商品回购策略,例如 Pasternack[10]研究单期季节性商品库存模型的商品回购价格。Emmons 等[11]讨论了在季节性商品的供应商事先确定好销售价格以及回购价格之后对整体总利润的影响,并进行了敏感度分析,包括零售商、制造商以及整体利润对于售价的影响,订购数量、回购价格、零售价对于售价的影响。汪达钦等[12]扩展了商品回购库存模型,探讨了需求量的不同分布对于其决策变量的影响。Mantrala 等[13]讨论了一对多的回购商品策略,并建立了两个零售商需求的线性回归方程式来探讨其订购量的影响程度。Lariviere 等[14]除了考虑回购因素之外,还增加了市场容量以及市场成长率对于总利润的影响。

由上述文献可以发现,造成制造商相关成本增加的因素较多,例如制造商如果无法适时、适量地从供应商得到所需的原材料,将会使其库存成本增加或无法准时生产,最后造成制造商的利润减少,所以要使制造商的利润达到最大化就需要对上游供应商、制造商本身和下游零售商作整体性的优化。为此,本文针对季节性商品提出供应商与零售商的二阶联合库存模型,进行数学分析并对最优解的充分与必要条件进行讨论,以期获得制造商的最优生产批量及最优订购周期。最后通过数值算例来说明其求解过程,并对必要条件在管理上的含义进行探讨。

收稿日期: 2012-02-13;**修回日期:** 2012-04-02。　**基金项目:** 湖南省教育厅科研项目(11C0325)。
作者简介: 陈铓(1970-),男,河南焦作人,讲师,博士研究生,主要研究方向:物流库存理论、工业工程;　龚存宇(1958-),男,湖南衡阳人,副教授,主要研究方向:工业工程。

1 系统描述与符号

1.1 系统描述与假设

假设制造商为了满足 I 个零售商所订购的单期产品需要 J 种原材料来生产,同时制造商承诺商品将在预定日期前送至零售商处,在一段时间之后仍未出售的商品可以用残值(较便宜价格)回购。如 Pasternack[10] 所言,本文假设零售商仅仅可以决定需购入的商品数量,但是不能控制零售价。其他假设如下:1)对每一个零售商而言,单期商品的市场需求服从正态分布;2)制造商设定批发价且为定值;3)零售商的库存控制遵循报童模型,亦即根据批发价、残值以及平均需求来决定订购批量;4)制造商依据各个零售商的订单总和来决定其生产量;5)储存期间不会发生商品损坏现象;6)制造商采用 (s,Q) 库存策略,允许缺货;7)原材料订购所需的前置时间为常数,但是订购不同原材料的前置时间不一定相同,运送时间假设为零。

1.2 符号定义

本模型的相关符号如下:b 表示单位销售损失成本;C_{oj} 表示第 j 种原材料的订购成本;C_s 表示商品生产准备成本;D_i 表示第 i 种零售商的需求量;g 表示单位残值;H_j 表示第 j 种原材料的储存成本;H_M 表示生产所需的储存成本;L_j 表示订购第 j 种原材料所需前置时间;M_j 表示第 j 种原材料的订购周期;p 表示商品的零售价格;Q_i 表示第 i 个零售商的订购批量;Q 表示生产数量,$Q = \sum Q_i$;α_j 表示每单位产品所需第 j 种原材料的数量;Q_j 表示第 j 种原材料的订购数量,$Q_j = M_j \times \alpha_j \times Q$;$C_p$ 表示制造商的生产能力;v 表示制造商的批发价,$p > v > 0$;V_j 表示第 j 种原材料的采购成本;V_M 表示单位生产成本;μ_i 表示第 i 个零售商的平均需求量;μ 表示制造商的平均需求量,$\mu = \sum \mu_i$;σ_i 表示第 i 个零售商的需求量的标准差,σ 表示 σ_i 之和;P_M 表示制造商的利润。

2 总利润函数的推导

基于上面的假设与符号说明,本章将构建季节性商品联合库存系统的总利润函数。首先,将此模型分为两个阶段,即第一阶段仅考虑零售商的订购策略;第二阶段是制造商的生产策略,包括原材料订购以及制造方式。

由于零售商采用报童模型来决定其订购批量,所以第 i 个零售商的订购批量必须满足下列公式[1]:

$$P_r(D_i < Q_i) = \frac{p - v + b}{p - g + b} \tag{1}$$

假设需求量服从正态分布,则式(1) 可以改写成式(2):

$$F_\mu\left(\frac{Q_i - \mu_i}{\sigma_i}\right) = \frac{p - v + b}{p - g + b} \tag{2}$$

其中 F_μ 是标准正态分布的累积概率函数。

对于所有的零售商而言,因为补货周期是一致的,所以制造商的生产批量为

$$Q(v) = \sum_i Q_i = \mu + \sigma F_\mu^{-1}\left(\frac{p - v + b}{p - g + b}\right) \tag{3}$$

因此,制造商的总利润函数为

$$P_M(v, \overline{M}) = v \times Q(v) - \sum_j \left[\frac{C_{oj}}{M_j} + V_j \alpha_j Q(v) + H_j \alpha_j Q\left([\![L_j]\!] - L_j + \frac{M_j}{2} + \frac{1}{2} \right) \right] - C_s - V_M Q(v) - \frac{H_M V_M [Q(v)]^2}{2C_p} \tag{4}$$

其中:$\overline{M} = (M_1, \cdots, M_j)$,且 $[\![\cdot]\!]$ 为最大整数函数。

现在将零售商的订购策略与制造商的制造决策进行结合,亦即将式(3) 代入式(4) 中可以得到

$$P_M(Q, \overline{M}) = (p + b)Q - \left(C_s + \sum_j \frac{C_{oj}}{M_j} \right) - \left[V_M + \sum_j \alpha_j \left(V_j - H_j L_j + H_j [\![L_j]\!] + \frac{H_j M_j}{2} + \frac{H_j}{2} \right) \right] * Q - \frac{H_M V_M}{2C_p} Q^2 - (p - g + b) Q F_\mu \left(\frac{Q - \mu}{\sigma} \right) \tag{5}$$

式(5) 为制造商的总利润函数,下面对式(5) 最大化所需要的充分与必要条件进行讨论。

3 最优解的充分必要条件

为降低模型分析的复杂度,本文讨论商品制造仅需要一种原材料的情况,即 $J = 1$,且令 C_o 与 M 分别表示原材料的订购成本以及订购周期。为讨论方便起见,现在定义以下符号:

$$a_1 = p - g + b$$

$$a_2 = \alpha_1 H_1 / 2$$

$$a_3 = V_M - g + \alpha_1 \left(V_1 - H_1 L_1 + H_1 [\![L_1]\!] + \frac{H_1}{2} \right)$$

$$a_4 = \frac{H_M V_M}{2C_p}$$

$$\overline{F}_\mu\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) = 1 - F_\mu\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)$$

$$F_g(Q, M) = a_1 \times Q \times \overline{F}_\mu\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)$$

$$G(Q, M) = C_s + C_o / M + a_2 QM + a_3 Q + a_4 Q^2$$

以上符号所表示的意义如下:1)a_1 由零售价格 p、残值 g 以及损失成本 b 决定;2)a_2 由原材料储存率 H_1 以及每单位成品所需的原材料数量 α_1 决定;3)a_3 由单位生产成本 V_M、残值 g、采购成本 V_1、原材料储存率 H_1、前置时间 L_1 以及单位成品所需的原材料数量 α_1 决定;4)a_4 由成品储存率 H_M、单位生产成本 V_M 以及生产能力 C_p 决定。

基于这些符号,制造商的总利润函数可以改写如下:

$$P_M(Q, M) = F_g(Q, M) - G(Q, M) \tag{6}$$

本文的研究目标是要得到 Q^* 与 M^* 使得利润函数 $P_M(Q, M)$ 产生极大值,使得利润函数 $P(Q, M)$ 最大化的必要条件为

$$\begin{cases} \dfrac{\partial P_M(Q, M)}{\partial Q} = 0 \\ \dfrac{\partial P_M(Q, M)}{\partial M} = 0 \end{cases} \tag{7}$$

使得利润函数 $P_M(Q, M)$ 最大化的充分条件为 $\dfrac{\partial^2 P_M(Q, M)}{\partial^2 Q^2} < 0$,且

$$\left[\frac{\partial^2 P_M(Q, M)}{\partial^2 Q^2} \right] \left[\frac{\partial^2 P_M(Q, M)}{\partial^2 M^2} \right] - \left[\frac{\partial^2 P_M(Q, M)}{\partial M \partial Q} \right] > 0 \tag{8}$$

下面本文将对利润函数最优解的必要条件进行分析,应该指出此条件是较严格的。

引理 1 如果 $a_1 > 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$,则存在 Q^* 与 M^* 使得 $\left.\dfrac{\partial P_M(Q, M)}{\partial Q}\right|_{(Q^*, M^*)} = 0$ 以及 $\left.\dfrac{\partial P_M(Q, M)}{\partial M}\right|_{(Q^*, M^*)} = 0$。

证明　分别对利润函数 $P_M(Q,M)$ 取变量 Q 与 M 的偏微分，可以得到

$$\frac{\partial P_M(Q,M)}{\partial Q} = a_1 \bar{F}_\mu\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - \frac{a_1 Q}{\sigma} f\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - a_2 M - a_3 - 2a_4 Q \tag{9}$$

其中 $f\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right)$ 为标准正态分布的概率密度函数。

令 $\frac{\partial P_M(Q,M)}{\partial M} = \frac{C_o}{M^2} - a_2 Q = 0$，可以得到

$$M = \sqrt{C_o/a_2 Q} \tag{10}$$

将式(10)代入式(9)，重新计算 $\frac{\partial P_M(Q,M)}{\partial Q}$，并转成 $h(Q)$ 函数：

$$h(Q) = a_1 \bar{F}_\mu\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - \frac{a_1 Q}{\sigma} f\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - \sqrt{a_2 C_o/Q} - a_3 - 2a_4 Q$$

如果 $a_1 > 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$，则

$$h(1) = a_1 \bar{F}_\mu\left(\frac{1-\mu}{\sigma}\right) - \sqrt{a_2 C_o} - a_3 - 2a_4 > a_1/2 - \sqrt{a_2 C_o} - a_3 - 2a_4 > 0$$

且 $\lim_{Q\to\infty} h(Q) = -\infty < 0$。

因此根据中间值定理，存在 $Q^* \in (1,\infty)$ 使得 $h(Q^*) = 0$。因为 $M = \sqrt{C_o/a_2 Q}$ 且 $Q > 0$，所以 $M(Q)$ 为一对一函数。由此引理 1 得到证明。

根据引理 1，对于利润函数的最优解，条件 $a_1 > 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$ 是一个较为严格的必要条件，即如果 $a_1 > 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$，则存在着唯一解；与之相反，如果 $a_1 > 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$ 不成立，则方程 $h(Q) = 0$ 也可能有解。虽然如此，此条件可以作为判断模型是否有最优解的非常简便的方法。

利用引理 1 求得其临界点之后，还需判断此临界点是否会产生极值，即需要推导出此利润函数的充分条件，如引理 2 所述。

引理 2　如果 $\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)} < Q^* < (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2$，则利润函数 $P_M(Q,M)$ 在 $(Q,M) = (Q^*, M^*)$ 处产生极大值。

证明　对利润函数 $P_M(Q,M)$ 取二阶微分如下：

$$\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial Q^2} = -\frac{2a_1}{\sigma} f\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - \frac{a_1 Q}{\sigma} f'\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - 2a_4$$

$$\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial M^2} = -\frac{C_o}{M^3}$$

$$\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial M \partial Q} = -a_2$$

因为 $f\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right)$ 为标准正态分布的概率密度函数，所以 $\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial Q^2}$ 可以改写为

$$\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial Q^2} = -\frac{a_1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(Q-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)\left(2 - Q\frac{Q-\mu}{\sigma^2}\right) - 2a_4$$

如果 $\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)} < Q^* < (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2$，则可知

$$\left[\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial Q^2}\right]\left[\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial M^2}\right] - \left[\frac{\partial^2 P_M(Q,M)}{\partial M \partial Q}\right]^2 > 0$$

因此通过矩阵的正定性可以知道，如果 $\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)} < Q^* < (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2$，则利润函数 $P_M(Q,M)$ 在 $(Q,M) = (Q^*, M^*)$ 处产生极大值。

根据引理 2，$\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)} < Q^* < (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2$ 是利润函数最优化的充分条件，亦即如果 $\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)} < Q^* < (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2$ 成立，则利润函数 P_M 在 (Q^*, M^*) 处有极大值发生。因此，仅需要在区间 $(\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)}, (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2)$ 内搜寻最优值 Q^*，亦即如果 $Q^* \in (\sqrt[3]{(a_2 C_o/4a_4^2)}, (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2)$，则利润函数 P_M 在 (Q^*, M^*) 处有极大值发生；否则，利润函数 P_M 无极值产生。

4　模型求解

对上章提出的联合库存模型进行求解时，首先需要借助引理 1 来确认是否存在临界点，但是不成立并不一定保证无解，因此还需要通过 $h(Q)$ 判断是否存在临界点。如果存在临界点，则再利用引理 2 来判断是否有极值存在，所以引理 1 与引理 2 对求解该模型提供了非常方便且有效的判断方法。综上所述，本章给出求解步骤如下：

步骤 1　输入模型的相关参数。

步骤 2　假如此模型满足引理 1，则转至步骤 4；否则转至步骤 3。

步骤 3　求解 $h(Q)$，若有临界点则转至步骤 4；否则转至步骤 7。

步骤 4　利用牛顿法求取 Q^* 使得 $h(Q^*) = 0$。

步骤 5　根据引理 2，如果 $\sqrt[3]{a_2 C_o/(4a_4^2)} < Q^* < (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/2$，则转至步骤 6；否则转至步骤 7。

步骤 5　求解 $M^* = \sqrt{C_o/(a_2 Q^*)}$，最优批发价格 $v^* = p + b - (p - g + b)F_\mu\left(\frac{Q^* - \mu}{\sigma}\right)$，以及最大总利润 P_M。

步骤 7　停止。

5　数值算例与探讨

5.1　数值算例

本节根据第 4 章提出的求解步骤采用 Matlab 7.9 编制程序，并利用数值实例来详细说明模型的求解过程。假设制造商生产 1 单位成品需要 1 单位原材料，且生产总数量 Q 服从正态分布，其平均数为 2000，标准差为 500；在零售商方面，其市场价格为 35，单位残值为 5，且单位销售损失成本为 5；制造商在采购原材料方面，其采购原材料的订购成本为 200，单位采购费用为 5，单位储存成本率为 1，且采购原材料的前置时间为零；制造商在制造产品方面，其准备成本为 100，产能为 3000，单位生产成本为 1，且在生产时所增加的储存成本率为 1。针对上述数据，可以建构出如式(6)所示的制造商总利润函数。

为了对此制造商利润函数进行最大化求解，首先可以通过过引理 1 的必要条件（亦即 $a_1 > 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$）来测试此问题是否存在临界点，计算结果发现数值实例符合引理 1 的必要条件（亦即，满足 $a_1 = 40 > 37.007 = 2(\sqrt{a_2 C_o} + a_3 + 2a_4)$），因此可以采用牛顿法来求得生产总数量 $Q^* = 1451$。接着检验生产总数量 $Q^* = 1451$ 也满足此条件（亦即 $Q^* = 1451 \in (1216 = \sqrt{a_2 C_o/(2a_4^2)}), (\mu + \sqrt{\mu^2 + 8\sigma^2})/$

2 = 2 224)。所以,Q^* = 1 451 为最优生产批量,同时利用式(10)可以求得最优原材料订购周期 $M^* = 0.525\,113$,且由式(3)可以得到制造商的最优批发价为 $v^* = 32.562\,5$,以及最大总利润 $P_M^* = 36\,594.4$。

5.2　必要条件的讨论

现在对利润函数最优解的必要条件的管理含义进行探讨。第 4 章所推导出来的必要条件 $a_1 > 2(\sqrt{a_2C_o} + a_3 + 2a_4)$,经过上述数值实例可以发现确实比较严格,也就是说即使参数不能完全满足此必要条件,也可能获得最优解。必要条件 $p - g + b > 2(\sqrt{a_2C_o} + a_3 + 2a_4)$ 可以改写成 $(p - v + b)/2 + (v - g)/2 > \sqrt{a_2C_o} + a_3 + 2a_4$,其中当需求高于库存时就会造成缺货,导致制造商利润的降低,因此 $p - v + b$ 代表缺货的机会成本。另外,当需求低于库存时就会造成商品的积压使得商品的残值降低,因此 $v - g$ 代表过剩商品的机会成本,所以必要条件的左式 $(p - v + b)/2 + (v - g)/2$ 所代表的是零售商发生缺货与产品过剩的加权平均机会成本。

此外,必要条件的右式中 $\sqrt{a_2C_o}$ 代表制造商购买原材料的近似成本,a_3 代表制造商制造产品的制造成本、残值以及原材料的储存成本的总和,$2a_4$ 代表制成品的近似单位储存成本。也就是说,必要条件右式 $\sqrt{a_2C_o} + a_3 + 2a_4$ 代表的是制造商在生产商品的总单位成本。因此,引理 1 中必要条件的管理含义表示,如果制造商的制造成本小于零售商的机会成本,则此模型将可以得到最优解。

6　结语

本文针对季节性商品提出了二阶单周期制造商与零售商库存模型,其中假设零售商的库存策略采用报童模型且零售商的需求量服从正态分布,以此为前提推导出制造商的总利润函数。本文提出了获得制造商总利润函数最优解的充分与必要条件,以期求取制造商的最优生产批量以及最优订购周期。利用充分与必要条件可以简便迅速地获得最优解的求解过程,然而必要条件是一个较为严格的条件,因此本文对必要条件进行了充分的讨论并解释了在管理上的含义。

本文研究发现当零售商的平均机会成本大于制造商的成本时,此模型必有最优解;此外当模型参数值发生改变而使得零售商的平均机会成本大于制造商的成本乘上某临界值时(临界值小于 1)亦可以获得最优解,此现象可以解释为零售商可以容忍亏损的最大限度。本文提出的二阶联合库存模型中假设仅为单一制造商与零售商,在未来研究中可以扩大范围至多制造商与多零售商以与现实情况更符合。

参考文献:

[1] SILVER E A, PYKE D F, PETERSON R. Inventory management and production planning and scheduling[M]. New York: John Wiley & Sons, 2008.

[2] 郑长征,刘志学,施文. 库存随机折损的季节性商品服务策略和库存控制[J]. 工业工程与管理, 2011, 16(4): 118 - 123.

[3] 朱传华,骆建文. 需求符合市场生命周期变化的易腐品库存模型[J]. 工业工程, 2006, 9(4): 94 - 96.

[4] 汪小京,刘志学,郑长征. 多类顾客环境下报童模型中库存分配策略研究[J]. 中国管理科学, 2010, 18(4): 65 - 72.

[5] EPPEN G D. Effects of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem[J]. Management Science, 1979, 25(5): 498 - 501.

[6] CHUNG K-J, LIN C-N. Optimal inventory replenishment models for deteriorating items taking account of time discounting[J]. Computers and Operations Research, 2001, 28(1): 67 - 83.

[7] CHERIKH M. On the effect of centralization on expected profits in a multi-location newsboy problem[J]. Journal of the Operational Research Society, 2000, 51(6): 755 - 761.

[8] 侯亚林,庞留勇,张秀全. 延期支付两货栈随机库存优化模型[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版, 2009, 22(2): 187 - 190.

[9] 李国政,王炳香,陈常菊. 允许缺货且缺货量部分拖后的供应商管理库存[J]. 青岛大学学报: 自然科学版, 2006, 19(4): 61 - 65.

[10] PASTERNACK B A. Optimal pricing and return policies for perishable commodities[J]. Marketing Science, 1985, 4(2): 166 - 176.

[11] EMMONS H, GILBERT S M. The role of returns policies in pricing and inventory decisions for catalogue goods[J]. Management Science, 2008, 44(2): 276 - 283.

[12] 汪达钦,霍佳震. 有限时域下多需求类型产品的库存策略[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(6): 981 - 986.

[13] MANTRALA M K, RAMAN K. 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.

[14] LARIVIERE M A, PORTEUS E L. Selling to the newsvendor: an analysis of price-only contracts[J]. Manufacturing and Service Operations Management, 2001, 3(4): 293 - 305.

(上接第 2355 页)

[8] MAKIK Z, BOUGUETTAYA A. Reputation bootstrapping for trust establishment among Web services[J]. IEEE Internet Computing, 2010, 13(1): 40 - 47.

[9] 吴鹏,吴国新,方群. 一种基于概率统计方法的 P2P 系统信任评模型[J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(3): 408 - 416.

[10] HOFFMAN K, ZAGE D, NITA-ROTARU C. A survey of attack and defense techniques for reputation systems [J]. ACM Computing Surveys, 2009, 42(1): 1 - 31.

[11] YOU WEIJIA, LIU LU, XIA MU, *et al*. Reputation inflation detection in a Chinese C2C market[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2011, 10(5): 510 - 519.

[12] BENTE G, BAPTIST O, LEUSCHNER H. To buy or not to buy: Influence of seller photos and reputation on buyer trust and purchase behavior[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2012, 70(1): 1 - 13.

[13] 李海华,杜小勇,田萱. 一种能力属性增强的 Web 服务信任评估模型[J]. 计算机学报, 2008, 31(8): 1471 - 1477.

[14] MAKIK Z, BOUGUETTAYA A. RATEWeb: Reputation assessment for trust establishment among Web services[J]. The International Journal on Very Large Data Bases, 2009, 18(4): 885 - 911.

[15] ALJAZZAF Z M, CAPRETZ M A M, PERRY M. Trust bootstrapping services and service providers[C]// Proceedings of 2011 Ninth Annual International Conference on Privacy, Security and Trust. Piscataway: IEEE, 2011: 7 - 15.

[16] SKOPIK F, SCHALL D, DUSTDAR S. Start trusting strangers? Bootstrapping and prediction of trust[C]// WISE '09: Proceedings of 10th International Conference on Web Information Systems Engineering. Berlin: Springer-Verlag, 2009: 275 - 289.