第 23 卷 第 6 期 控 制 与 决 策 2008 年 6 月
Vol. 23 No. 6 Control and Decision Jun. 2008

文章编号: 1001-0920(2008)06-0631-06

随机需求下提前期可控的生产-库存联合优化模型

夏海洋, 黄培清
(上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200052)

摘 要: 考虑单供应商和单采购商的生产-库存联合优化问题. 假设采购商面临正态需求, 供应商的提前期可以控制, 并基于此建立供应商与采购商联合期望总成本最小化模型. 在所建立的模型中允许采购商缺货, 且部分缺货可延期交付, 部分缺货发生销售损失; 同时考虑运输成本, 并假设运输成本依赖于订货量和提前期. 给出了求解最优生产批量、最优提前期、最优再订货点和订货量的算法, 并通过数值算例进行了说明.

关键词: 生产-库存联合优化模型; 可控提前期; 部分延期交付; 随机需求
中图分类号: F253.4 **文献标识码**: A

Integrated production-inventory model with stochastic demand and controllable lead time

XIA Hai-yang, HUANG Pei-qing
(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China. Correspondent: XIA Hai-yang, E-mail: hyxia@sjtu.edu.cn)

Abstract: A single vendor and single buyer's integrated production-inventory problem is considered. Assuming that the buger confronts with the deterministic demand and the lead time is controllable, the vendor and the buyer's total expected cost model is constructed. Shortage is permitted in the model, and partial backordered partial sales lost. Also the transportation cost in the model is considered and the transportation cost depending on order quantity and lead time is assumed. A solution procedure is suggested for solving the proposed model and numerical examples are presented.

Key words: Integrated production-inventory model; Controllable lead time; Partial backordered; Stochastic demand

1 引 言

传统的库存模型考虑的是单个企业成本或利润的优化, 这通常会损害整个供应链系统的整体利益, 使企业丧失获得更多利益的可能. 考虑一个供应商和一个采购商构成的供应链系统, 在确定性需求环境下, 该供应商和采购商各自优化自身的生产批量和订货批量, 从而得到供应商的经济生产批量和采购商的经济订货量. 但是从供应商和采购商各自成本函数优化得到的经济生产批量和经济订货量, 通常无法使供应链系统整体成本降到最低. 基于此, 从上个世纪 70 年代以来, 人们提出了联合经济批量问题, 即从供应链系统的角度优化生产批量和订货批量, 实现供应链成员之间生产与库存的协调.

Goyal[1] 假设供应商具有无限生产率, 并采用"批对批"策略给出了联合经济批量问题的最优解; Banerjee[2] 将文献[1]的工作推广到供应商生产率有限的情形; 文献[3]则进一步放松了"批对批"策略的假设, 他假设供应商的生产批量是采购商订货批量的整数倍; Lu[4] 扩展了 Goyal[3] 的研究, 允许供应商在一批产品全部生产完毕之前向采购商供货. 上述文献均假设供应商的每一批运输量相等, 即生产批量是运输批量的整数倍. 文献[5]考虑了允许运输批量不等的情形; 文献[6]在未对运输批量策略作任何假定的情况下, 得到了联合经济批量问题的最优解, 他发现最优策略的结构是首先按几何序列逐渐递增运输批量, 此后以等运输批量运送. 上述这些生产库存联合优化模型考虑的均是确定性需求的情形. 最近一些学者研究了随机性需求下的生产库存联合优化模型, 并将提前期考虑进来. Pan 等[7] 考虑了需求不确定且提前期可控下的生产库存联合决

收稿日期: 2007-04-06; **修回日期**: 2007-06-29.
基金项目: 国家自然科学基金项目(70772065).
作者简介: 夏海洋(1978—), 男, 南京人, 博士生, 从事运作与供应链管理的研究; 黄培清(1946—), 男, 浙江绍兴人, 教授, 博士生导师, 从事现代企业的供应链管理等研究.

策,但所提出的模型中忽略了采购商的再订货点决策,而且不允许缺货;Ben-Daya 等[8]也研究了随机需求与可变提前期下单供应商和单采购商的联合生产库存决策问题,在所建立的模型中考虑了再订货点决策,但假设提前期与订货量成线性关系,且运输成本为定值;Ouyang 等[9]推广了文献[7]的工作,在所建立的模型中将再订货点也作为决策变量并允许采购商发生缺货,但假设所有缺货均延期交付,另外所建立的模型中没有考虑运输成本.

本文研究随机需求下提前期可控的生产库存联合优化模型.在所建立的模型中允许采购商发生缺货,但与 Ouyang 等[9]假设所有缺货全部延期交付不同,本文假设缺货数量部分延期交付,部分销售损失,这更加符合实际.此外,本文考虑了运输成本,但与 Ben-Daya[8]假设运输成本为定值不同,这里假设运输成本依赖于订货量和提前期,这一假设更为合理.另外,文献[7-9]均采用分段线性函数来反映提前期变化所产生的赶工成本,而本文则将提前期改变所导致的成本变化反映在运输成本中.显然,采用更快捷的运输方式将缩短提前期,同时也将导致更高的运输成本.

2 模型假设与符号说明

考虑一个生产商与一个采购商构成的供应链系统.采购商面临随机性需求,采用连续盘点策略管理库存,每当库存水平下降至再订货点时,向生产商发出订单.生产商接收到采购商的订单后组织生产,其生产批量为采购商订货量的整数倍,并且一旦产量达到采购商的订货量即向采购商供货.供应商可通过运用不同的运输方式来改变其提前期长度.

2.1 基本假设

1) 供应商的生产率大于采购商的平均需求率;

2) 提前期内采购商面临的随机需求 X 服从正态分布,均值为 μL,标准差为 $\sigma\sqrt{L}$;

3) 再订货点 r = 提前期内的期望需求量 + 安全库存量(SS),安全库存量(SS) = 安全库存系数(k) ×提前期内需求的标准差,即 $r = \mu L + k\sigma\sqrt{L}$;

4) 供应商的生产批量为采购商订货量的整数倍,并且允许供应商在其生产过程中向采购商运送产品,即本模型不要求供应商一批产品全部生产完毕后才向采购商交货;

5) 采购商的库存系统采用连续盘点的方法,每当库存水平降低到 r 时,即向供应商发出订单,订货量为 Q;

6) 采购商的库存系统允许缺货,部分缺货延期交货,部分缺货销售损失;

7) 运输成本 C_T 的大小依赖于运输量 Q 的多少和提前期 L 的长短,具体地,本模型假设它们之间具有如下关系:

$$C_T(Q,L) = C_{T_0} + a(L_{\max} - L) + bQ,$$

其中 C_{T_0}, a 和 b 均为大于零的常数.

2.2 符号说明

D:采购商单位时间面临的平均需求;

P:供应商的生产率;

A:采购商每次订货的订单成本;

K:供应商每生产批量的生产设置成本;

Q:采购商的订货量,是决策变量;

mQ:供应商的生产批量,其中 m 为正整数,也是本模型的决策变量;

r:采购商的再订货点,是决策变量;

h_B:采购商每单位时间持有每单位库存所需成本;

h_V:供应商每单位时间持有每单位库存所需成本;

L:采购商的订货提前期,是决策变量;

X:提前期内的随机需求;

β:缺货期间允许延期交货的比例,相应地,$1-\beta$ 则为销售损失的比例,$0 \leq \beta \leq 1$;

π_b:每单位商品延期交货发生的利润损失;

π_0:每单位商品的边际利润;

$C_T(Q,L)$:当提前期为 L 时,将数量为 Q 的产品从供应商处运送至采购商处所发生的运输成本;

ETC_B:采购商单位时间期望总成本;

EOC_B:采购商单位时间期望订单成本;

EHC_B:采购商单位时间期望库存持有成本;

ESC_B:采购商单位时间期望缺货成本;

EC_T:采购商单位时间期望运输成本;

ETC_V:供应商单位时间期望总成本;

ESC_V:供应商单位时间期望生产设置成本;

EHC_V:供应商单位时间期望库存持有成本;

JETC:供应商与采购商单位时间联合期望总成本.

3 模型的建立

本文从供应商和采购商系统的整体角度出发,探讨如何确定最优生产批量、最优库存策略和最优提前期,以实现系统期望总成本的最小化.首先分析采购商单位时间的期望总成本.本模型中考虑的采购商的期望总成本由订单成本、库存持有成本、缺货成本以及运输成本构成,即

$$\mathrm{ETC}_B = \mathrm{EOC}_B + \mathrm{EHC}_B + \mathrm{ESC}_B + \mathrm{EC}_T. \quad (1)$$

采购商单位时间的期望订单成本可表示为

$$\mathrm{EOC}_B = A\frac{D}{Q}. \tag{2}$$

提前期 L 内的需求量 X 服从正态分布,均值为 μL,标准差为 $\sigma\sqrt{L}$. 设 L 内的需求量 X 实现为 x,以 $B(r)$ 表示每一周期期末的期望缺货数量,则

$$B(r) = \int_r^\infty (x-r)f(x)\,\mathrm{d}x = \int_{\mu L+k\sigma\sqrt{L}}^\infty (x-\mu L-k\sigma\sqrt{L})\cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma\sqrt{L}}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu L}{\sigma\sqrt{L}}\right)^2\right]\mathrm{d}x.$$

令 $z=(x-\mu L)/\sigma\sqrt{L}$,则

$$B(r) = \sigma\sqrt{L}\phi(k) - k\sigma\sqrt{L}[1-\Phi(k)].$$

这里 $\phi(\cdot)$ 和 $\Phi(\cdot)$ 分别表示标准正态分布的概率密度函数和分布函数. 令

$$\Psi(k) = \phi(k) - k[1-\Phi(k)], \tag{3}$$

则

$$B(r) = \sigma\sqrt{L}\Psi(k). \tag{4}$$

β为缺货期间允许延期交货的比例,每个周期期末的期望净库存量为 $E(r-X)+(1-\beta)B(r)$,每个周期期初订货量 Q 到达时,期望净库存量为 $Q+E(r-X)+(1-\beta)B(r)$. 因此,每个周期的期望库存量可近似表示为

$$\frac{Q}{2}+E(r-X)+(1-\beta)B(r) = \frac{Q}{2}+k\sigma\sqrt{L}+(1-\beta)\sigma\sqrt{L}\Psi(k), \tag{5}$$

故采购商单位时间的期望库存持有成本为

$$\mathrm{EHC}_B = h_B\left[\frac{Q}{2}+k\sigma\sqrt{L}+(1-\beta)\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\right]. \tag{6}$$

每个周期的期望延期交货数量为 $\beta B(r)$,发生延期交货情况下,厂商需向其客户提供补偿,例如提供折扣或缴纳延误罚金等. 设对于延期交货的商品,厂商的利润损失为 π_b,每个周期的期望销售损失为 $(1-\beta)B(r)$. 对于销售损失的商品,厂商的边际利润 π_0 全部损失. 因此,采购商单位时间的期望缺货成本为

$$\mathrm{ESC}_B = \frac{D}{Q}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k). \tag{7}$$

当采购商选择的订货量为 Q,提前期为 L 时,采购商每次订货发生的运输成本为 $C_T(Q,L) = C_T + a(L_{\max}-L)+bQ$. 因此,单位时间期望运输成本为

$$\mathrm{EC}_T = \frac{D}{Q}[C_{T_0}+a(L_{\max}-L)+bQ]. \tag{8}$$

综上所述,可得到如下采购商单位时间期望总成本函数:

$$\mathrm{ETC}_B(Q,k,L) = \frac{D}{Q}\{A+C_{T_0}+a(L_{\max}-L)+bQ+[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\} + h_B\left[\frac{Q}{2}+k\sigma\sqrt{L}+(1-\beta)\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\right]. \tag{9}$$

下面分析供应商单位时间期望总成本. 本模型中,供应商的期望总成本由生产设置成本和库存持有成本两部分构成,即

$$\mathrm{ETC}_V = \mathrm{ESC}_V + \mathrm{EHC}_V. \tag{10}$$

供应商每生产一批产品发生的生产设置成本为 K,生产批量为 mQ,单位时间的平均需求量为 D. 因此,供应商单位时间期望生产设置成本为

$$\mathrm{ESC}_V = \frac{D}{mQ}K. \tag{11}$$

供应商的平均库存水平[7] 为

$$\left\{\left[mQ\left(\frac{Q}{P}+(m-1)\frac{Q}{D}\right)-\frac{m^2Q^2}{2P}\right]-\left[\frac{Q^2}{D}(1+2+\cdots+(m-1))\right]\right\}\Big/\left(\frac{mQ}{D}\right) = \frac{Q}{2}\left[m\left(1-\frac{D}{P}\right)-1+\frac{2D}{P}\right].$$

因此,供应商单位时间的期望库存持有成本为

$$\mathrm{EHC}_V = \frac{h_VQ}{2}\left[m\left(1-\frac{D}{P}\right)-1+\frac{2D}{P}\right]. \tag{12}$$

于是,可写出如下供应商单位时间期望总成本

$$\mathrm{ETC}_V(Q,m) = \frac{D}{mQ}K+\frac{h_VQ}{2}\left[m\left(1-\frac{D}{P}\right)-1+\frac{2D}{P}\right]. \tag{13}$$

根据式(9) 和(13),可得到供应商和采购商单位时间联合期望总成本函数

$$\mathrm{JETC}(Q,k,L,m) = \frac{D}{Q}\left\{A+\frac{K}{m}+C_{T_0}+a(L_{\max}-L)+bQ+[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\right\} + \frac{Q}{2}\left\{h_B+h_V\left[m\left(1-\frac{D}{P}\right)-1+\frac{2D}{P}\right]\right\} + h_B[k\sigma\sqrt{L}+(1-\beta)\sigma\sqrt{L}\Psi(k)]. \tag{14}$$

为了简化上述表达式,令

$$H(m) = h_B+h_V\left[m\left(1-\frac{D}{P}\right)-1+\frac{2D}{P}\right], \tag{15}$$

$$G(m) = A+\frac{K}{m}+C_{T_0}. \tag{16}$$

从而,供应商和采购商的联合期望总成本函数可写成

$$\mathrm{JETC}(Q,k,L,m) = \frac{D}{Q}\{G(m)+a(L_{\max}-L)+bQ+$$

$$[\pi_b\beta + \pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\} + \frac{Q}{2}H(m) + h_B\sigma\sqrt{L}[k+(1-\beta)\Psi(k)]. \qquad (17)$$

4 模型的求解

前面已建立了供应商和采购商的联合期望总成本函数,现在的问题是如何找到最优的订货量 Q,再订货点 r(即安全库存系数 k),提前期 L 以及供应商的生产批量倍数 m,以使JETC降到最低,即

$$\min_{\substack{Q>0,k>0,m\in Z^+\\ L\in[L_{\min},L_{\max}]}} \mathrm{JETC}(Q,k,L,m).$$

为了求解这一问题,首先研究联合期望总成本函数 $\mathrm{JETC}(Q,k,L,m)$ 的特性.

性质 1 对于给定的 $m\in Z^+$ 和 $L\in[L_{\min},L_{\max}]$, $\mathrm{JETC}(Q,k,L,m)$ 是关于 (Q,k) 的凸函数.

证明 对 $\mathrm{JETC}(Q,k,L,m)$ 分别作关于订货量 Q 和安全库存系数 k 的一阶、二阶偏微分,可得

$$\partial \mathrm{JETC}/\partial Q = \frac{D}{Q^2}\{G(m)+a(L_{\max}-L)+[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\}+\frac{H(m)}{2}, \qquad (18)$$

$$\partial \mathrm{JETC}/\partial k = -\frac{D}{Q}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}[1-\Phi(k)]+h_B\sigma\sqrt{L}[1-(1-\beta)[1-\Phi(k)]], \qquad (19)$$

$$\partial^2 \mathrm{JETC}/\partial Q^2 = \frac{2D}{Q^3}\{G(m)+a(L_{\max}-L)+[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\}>0, \qquad (20)$$

$$\partial^2 \mathrm{JETC}/\partial k^2 = \frac{D}{Q}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\phi(k)+(1-\beta)h_B\sigma\sqrt{L}\phi(k), \qquad (21)$$

$$\partial^2 \mathrm{JETC}/\partial Q\partial k = \frac{D}{Q^2}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}[1-\Phi(k)], \qquad (22)$$

$$\begin{vmatrix}\mathrm{JETC}_{QQ} & \mathrm{JETC}_{Qk}\\ \mathrm{JETC}_{kQ} & \mathrm{JETC}_{kk}\end{vmatrix} = \frac{2D^2}{Q^4}\{G(m)+a(L_{\max}-L)\}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\phi(k)+\frac{2D}{Q^3}\{G(m)+a(L_{\max}-L)+[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\}\cdot(1-\beta)h_B\sigma\sqrt{L}\phi(k)+\frac{D^2}{Q^4}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]^2\sigma^2L\{2\Psi(k)\phi(k)-[1-\Phi(k)]^2\}. \qquad (23)$$

因为对于任意 $k>0$,有 $\phi(k)>0$, $\Psi(k)>0$,

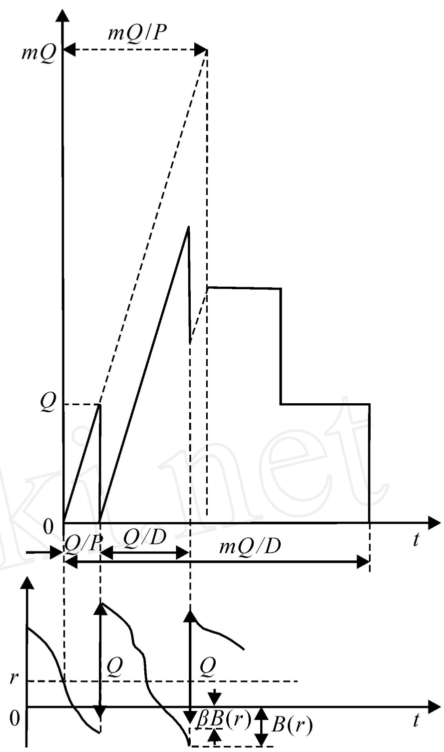

图 1 供应商和采购商库存变化示意图

$2\Psi(k)\phi(k)-[1-\Phi(k)]^2>0$(参见Ouyang等[10]),故

$$\begin{vmatrix}\mathrm{JETC}_{QQ} & \mathrm{JETC}_{Qk}\\ \mathrm{JETC}_{kQ} & \mathrm{JETC}_{kk}\end{vmatrix} > 0. \qquad (24)$$

由式(20)和(24)可知, $\mathrm{JETC}(Q,k,L,m)$ 关于 (Q,k) 的Hessian矩阵为正定矩阵,从而在给定 m 和 L 的情况下,可判定 $\mathrm{JETC}(Q,k,L,m)$ 是关于 (Q,k) 的凸函数. □

根据性质1,可利用一阶条件求出给定 m 和 L 下的最优订货量和安全库存系数,结果如下:

$$Q = \{2D\{G(m)+a(L_{\max}-L)+[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\sqrt{L}\Psi(k)\}/H(m)\}^{1/2}, \qquad (25)$$

$$\Phi(k) = 1-\frac{h_B}{\frac{D}{Q}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]+h_B(1-\beta)}. \qquad (26)$$

可以看出,式(25)和(26)中 Q 和 k 互为函数关系,所以无法将其各自明确求出. 由文献[11], Q 和 k 相互迭代求解可得到收敛解. 因此通过下列迭代算法,可找到给定 m 和 L 下的最优订货量和最优安全库存系数.

1) 设定起始值 $k=0$,代入式(25),计算 Q;
2) 将所求得的 Q 代入式(26),计算 k;
3) 将所求得的 k 再代入式(25),计算 Q;
4) 重复步骤1)～步骤3),直到 Q 和 k 收敛为

止,该收敛值即为给定 m 和 L 下的最优订货量和最优安全库存系数.

性质 2　对于给定的 (m,Q,k), $JETC(Q,k,L,m)$ 是关于 L 的凹函数.

证明　对 $JETC(Q,k,L,m)$ 作关于 L 的一阶、二阶偏微分,得

$$\partial JETC/\partial L = -\frac{Da}{Q}+\frac{D}{2Q}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\Psi(k)L^{-1/2}+\frac{h_B\sigma}{2}[k+(1-\beta)\Psi(k)]L^{-1/2}, \tag{27}$$

$$\partial^2 JETC/\partial L^2 = -\frac{D}{4Q}[\pi_b\beta+\pi_0(1-\beta)]\sigma\Psi(k)L^{-3/2}-\frac{h_B\sigma}{4}[k+(1-\beta)\Psi(k)]L^{-3/2}. \tag{28}$$

由 $\partial^2 JETC/\partial L^2<0$ 可知, $JETC(Q,k,L,m)$ 是关于 L 的凹函数. □

根据性质 2,可得到下面的推论:

推论 1　对于任意 (m,Q,k) 组合,供应商和采购商的联合期望总成本的最小值必发生在区间 $[L_{\min},L_{\max}]$ 的端点处,即采购商要么选择最短的订货提前期 $L_{\min}$,要么选择最长的订货提前期 $L_{\max}$.

计算供应商和采购商的联合最优订货量、最优库存安全系数、最优提前期以及最优生产批量倍数的算法如下:

Step1:设定 $m=1$;

Step2:分别对 $L=L_{\min}$ 和 $L=L_{\max}$ 执行上述步骤 1) ～ 步骤 4);

Step3:计算 $JETC(Q(L_{\min},m),k(L_{\min},m),L_{\min},m)$ 和 $JETC(Q(L_{\max},m),k(L_{\max},m),L_{\max},m)$,将两者比较,较小的作为 $JETC(Q_m^*,k_m^*,L_m^*,m)$,这样 (Q_m^*,k_m^*,L_m^*) 即为给定 m 下的最优解;

Step4:设定 $m=m+1$,重复 Step2 和 Step3,得到 $JETC(Q_m^*,k_m^*,L_m^*,m)$;

Step5:若

$$JETC(Q_m^*,k_m^*,L_m^*,m)\le JETC(Q_{m-1}^*,k_{m-1}^*,L_{m-1}^*,m-1),$$

则返回 Step4,否则执行 Step6;

Step6:设定

$$JETC(Q^*,k^*,L^*,m^*)=JETC(Q_{m-1}^*,k_{m-1}^*,L_{m-1}^*,m-1),$$

即 $Q^*=Q_{m-1}^*$, $k^*=k_{m-1}^*$, $L^*=L_{m-1}^*$, $m^*=m-1$,则 (Q^*,k^*,L^*,m^*) 为本模型的最优解.

5　数值算例

下面通过具体数值算例来说明上述求解算法.假定本模型中的参数取值如下: $D=600$ 件/年, $P=2\,000$ 件/年, $A=200$ 元/每次订购, $K=1\,500$ 元/批次, $h_B=20$ 元/件/年, $h_V=15$ 元/件/年, $\sigma=7$ 件/周, $L_{\min}=3$ 周, $L_{\max}=8$ 周, $\pi_0=150$ 元/件, $\pi_b=50$ 元/件, $C_{T_0}=200$ 元, $a=10$ 元/周, $b=0.5$ 元/件.

运用上述求解算法,分别讨论延期交付比例 β 取 0,0.5,0.8,1 时,供应商和采购商如何选择最优生产批量、最优订货量、最优再订货点以及最优提前期,求解过程见表 1.最优解用黑体在表 1 中标出.

表 1　不同 β 取值下最优解的求解过程

m	L	Q	k	r	JETC
$\beta=0$					
1	3	313	1.513 7	53	8 345.2
	8	312	1.515 8	122	8 548.7
2	**3**	**206**	**1.709 4**	**55**	**7 913.7**
	8	203	1.715 0	126	8 092.4
3	3	160	1.819 7	57	8 039.7
	8	157	1.827 7	128	8 191.3
$\beta=0.5$					
1	3	314	1.285 4	50	8 298.8
	8	312	1.287 4	118	8 472.9
2	**3**	**206**	**1.503 8**	**53**	**7 870.9**
	8	203	1.509 5	122	8 022.7
3	3	160	1.624 8	54	7 998.8
	8	158	1.633 2	125	8 124.7
$\beta=0.8$					
1	3	314	1.057 3	47	8 253.6
	8	313	1.058 8	113	8 399.2
2	**3**	**206**	**1.303 3**	**50**	**7 830.1**
	8	204	1.309 3	118	7 956.3
3	3	161	1.437 1	52	7 960.1
	8	158	1.445 9	121	8 061.7
$\beta=1$					
1	3	315	0.807 1	44	8 205.8
	8	314	0.808 0	108	8 321.2
2	**3**	**206**	**1.091 2**	**48**	**7 788.0**
	8	204	1.097 3	114	7 887.7
3	3	161	1.241 3	50	7 920.5
	8	158	1.250 7	117	7 997.4

从表 1 的结果看,随着延期交付比例 β 的上升,供应商的最优生产批量、采购商的最优订货量以及最优提前期未发生变化,说明它们对参数 β 的变化

不敏感. 随着 β 上升,采购商应该降低其再订货点,而此时供应商和采购商的联合期望总成本也将降低. 这很容易理解,因为更多的客户愿意等待,厂商可通过降低再订货点来减少库存成本,从而降低系统总成本.

6 结 论

传统的库存模型考虑的是单个企业利益的最大化,这通常会损害整个供应链系统的效率. 一个更好的方式是不同的供应链成员联合决策,实现供应链整体利益的最佳化. 近来一些学者提出随机性需求下的生产-库存联合优化模型,并假设提前期可以控制. 本文考虑了一个由单供应商和单采购商组成的两级供应链系统,采购商面临的需求服从正态分布,供应商可通过改变运输成本来控制提前期的长短. 本文建立的供应商和采购商联合期望总成本最小化模型,与过去的文献不同,在所建立的模型中明确考虑了运输成本,并且运输成本依赖于运输数量和提前期长短. 此外,所建立的模型中允许采购商发生缺货,缺货数量部分延期交付,部分发生销售损失. 在这些设定下,本文讨论了供应商和采购商如何制定最优生产批量、最优提前期、最优再订货点以及订货量,给出了求解算法,并通过数值算例作了说明.

参考文献(References)

[1] Goyal S K. An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem [J]. Int J of Production Research, 1976, 15(1): 107-111.

[2] Banerjee A. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor[J]. Decision Sciences, 1986, 17(3): 292-311.

[3] Goyal S K. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor: A commemt [J]. Decision Sciences, 1988, 19(1): 236-241.

[4] Lu L. A one-vendor multi-buyer integrated inventory model[J]. European J of Operational Research, 1995, 81(2): 312-323.

[5] Goyal S K. A one-vendor multi-buyer integrated inventory model: A comment [J]. European J of Operational Research, 1995, 82(2): 209-210.

[6] Hill R M. The optimal production and shipment policy for the single-vendor single buyer integrated production-inventory model [J]. Int J of Production Research, 1999, 37(11): 2463-2475.

[7] Pan J C, Yang J S. A study of an integrated inventory with controllable lead time [J]. Int J of Production Research, 2002, 40(5): 1263-1273.

[8] Ben-Daya M, Hariga M. Integrated single vendor single buyer model with stochastic demand and variable lead time[J]. Int J of Production Economics, 2004, 92(1): 75-80.

[9] Ouyang L Y, Wu K S, Ho C H. Integrated vendor-buyer cooperative models with stochastic demand in controllable lead time [J]. Int J of Production Economics, 2004, 92(3): 255-266.

[10] Ouyang L Y, Chen C K, Chang H C. Lead time and ordering cost reduction in continuous review inventory systems with partial backorders [J]. J of the Operational Research Society, 1999, 50(12): 1272-1279.

[11] Moon I, Choi S. A note on lead time and distributional assumptions in continuous review inventory models[J]. Computers and Operations Research, 1998, 25(11): 1007-1012.

(上接第 630 页)

[12] Antoine Bordes, Seyda Ertekin, Jason Westou, et al. Fast kernel classifiers with online and active learning [J]. J of Machine Learning Research, 2005, 6(9): 1579-1619.

[13] Ming Rui Wu, Bernhard Scholdopf, Gokhan Bakir. A direct method for building sparse kernel learning algorithm[J]. J of Machine Learning Research, 2006, 7(2): 603-624.

[14] Steinwart J. On the optimal parameter choice for υ support vector machines [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(10): 1274-1284.

[15] Chang C-C, Lin C-J. Training υ-support vector classifiers: Theory and algorithm [J]. Neural Computation, 2001, 13(9): 2119-2147.

[16] Ben-Hur A, Horn D, Siegelmann H T, et al. Support vector clustering [J]. J of Machine Learning Research, 2001, 2(12):125-137.

[17] Vapnik V. An overview of statistical learning theory [J]. IEEE Trans on Neural Networks, 1999, 10(5): 988-999.