

文章编号: 1001-0920(2011)05-0679-06

考虑库容与订货批量约束的 (R, Q) 策略优化

李 武¹, 郭观七¹, 岳超源², 张景瑞²

(1. 湖南理工学院 信息与通信工程学院, 湖南 岳阳 414006; 2. 华中科技大学 系统工程研究所, 武汉 430074)

摘要: 受订货批量和库容限制的采购商向单供应商采购单种产品, 以其相邻两次订货间单位时间期望总成本最小为目标建立 (R, Q) 策略优化模型. 针对均匀分布需求给出求解方法, 结合算例从资源约束、成本参数及需求特征3个方面进行敏感性分析. 将随机需求与资源约束下的安全库存与订货批量进行联合优化, 克服已有 (R, Q) 策略研究将一定时期随机需求期望值默认为最优采购总量, 并由此计算订货费、货物成本及缺货成本的不足, 可为供应商的选择提供依据.

关键词: 采购; (R, Q) 策略; 订货批量; 安全库存; 优化

中图分类号: F253.4; N945.12

文献标识码: A

Optimization of (R, Q) policy with capacity and order quantity constraints

LI Wu¹, GUO Guan-qi¹, YUE Chao-yuan², ZHANG Jing-rui²

(1. School of Information and Communication Engineering, Hu'nan Institute of Science and Technology, Yueyang 414006, China; 2. Institute of Systems Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China. Correspondent: LI Wu, E-mail: liwu0817@163.com)

Abstract: A buyer faced with order quantity and capacity constraints purchases a product from a supplier. A (R, Q) policy optimization model is developed to minimize the buyer's total expected cost per unit time between two successive orders. A solution is proposed for the model when the demand is uniformly distributed, and thus sensitivity analysis of the resource constraints, cost parameters and demand characteristics is performed through some numerical examples. This work optimizes integrately safety stock and order quantity under circumstances of stochastic demand and resource constraints, makes up for the shortcoming of published literatures on (R, Q) policy that they acquiesce in that the optimal total purchase quantity is the expected value of stochastic demand in a certain period and thus calculates the order cost, product cost and shortage cost, and can provide basis for supplier selection in the above-mentioned circumstances.

Key words: procurement; (R, Q) policy; order quantity; safety stock; optimization

1 引言

作为应对供应链不确定性的一种重要方法, 合理设置安全库存对于供应链的成功运作具有举足轻重的作用^[1]. 对于 (R, Q) 策略(即连续检查库存水平, 当库存水平下降到订货点 R 时发出订货, 每次订货量固定为 Q), 一般认为安全库存是 R 与订货提前期内不确定需求的期望值之差. 因此, R 与安全库存的设置密切相关, 确定了 R 相当于确定了安全库存量.

对于 (R, Q) 策略, 许多模型仅考虑 R 和 Q 中的一个量, 而假定另一个量为已知常数^[2], 或者将一定时期的需求期望值作为固定需求量, 即先用经济订购批量公式求得订货批量, 再通过计算 R 确定安全

库存. 不过, 也有较多学者研究 R 和 Q 的联合优化问题^[2-11], 甚至考虑了随机提前期、产品变质、服务水平约束、数量折扣等因素. 然而, 他们几乎都将一定时期内的需求期望值作为该时期的订货总量, 由此计算产品成本; 将一定时期内的需求期望值与 Q 的商作为该时期内的订货次数, 由此计算订货费; 结合 R 计算每个补货周期的缺货成本, 与上述订货次数相乘得到总缺货成本. 这样做的实质是认为一定时期内的最优订货总量即为该时期内的需求期望值, 但这并不一定总是正确的. 正因如此, 已有相关研究求出的最优的 R 和 Q 均与产品价格无关. 实际上, 由于需求的随机性, 即使最优订货总量为该时期内的需求期望值,

收稿日期: 2010-01-29; 修回日期: 2010-07-02.

基金项目: 国家自然科学基金项目(60774084, 60975049); 湖南省教育厅优秀青年科研项目(08B030).

作者简介: 李武(1977—), 男, 副教授, 博士, 从事决策分析与供应链管理的研究; 岳超源(1944—), 男, 教授, 博士生导师, 从事系统工程与决策分析等研究.

实际订货次数也并不一定等于该需求期望值与 Q 的商. 因此, 不能将此商值作为该时期内的订货次数来计算固定订货费和缺货成本. 另外, 有的文献只考虑订货提前期内单位时间的总成本^[5], 而未计算到货时点与下一次订货时点之间的成本, 这也是不妥当的.

另一方面, 在实践中, 企业的大部分经营利润往往由少数大客户(指每次订购数量大或一时间段内的总订购量大的客户)贡献^[12]. 为了降低成本和提高经营效率, 一些企业通过设置最小单次订购量来排除部分订购数量太小的客户^[13-14]. 如文献[13]证明在给定最小订购量要求下, 零售商单产品周期性盘点最优策略结构不具有简单形式; 而文献[14]发现在给定最小订购量要求下, 零售商面对随机性需求, 库存采取周期性盘点方式时, (s, t) 订购策略优于 (s, S) 策略. 但是, 他们均未讨论 (R, Q) 策略, 也未考虑订购量上限. 实际上, 由于资源有限以及同时与多家采购商保持合作关系的需要, 一些供应商往往还设置单次订购量的最大值; 采购商也可能存在最大库容量约束.

基于此, 本文针对单供应商-单采购商系统, 考虑随机需求、订货批量区间约束及采购商库容限制, 以采购商相邻两次订货间单位时间期望总成本最小为目标, 对 (R, Q) 策略下的安全库存与订货批量进行联合优化.

2 问题描述及优化模型

2.1 问题描述

单采购商采用 (R, Q) 策略向单供应商采购单种产品, 每次订货均一次性到货. 为避免交叉订货, 不妨设 $Q \geq R$ ^[5]. 采购商面临平稳随机需求, 订货提前期固定为 l , 订货提前期内的需求为 D_l , 概率密度函数为 $f(D_l)$. 产品单价为 p , 每次订货的固定订货费为 k , 单位产品单位时间的库存持有成本为 h ; 设每个补货周期内的缺货均不能延迟满足, 单位产品的缺货成本为 s . 供应商对采购商要求的最小订货批量为 Q_L , 最大订货批量为 Q_U ; 采购商的最大库容量为 V .

本文将探讨同时确定 R 和 Q , 使采购商在相邻两次订货时点间单位时间的期望总成本最小的问题.

2.2 优化模型

为建立成本优化模型, 需先计算采购商相邻两次订货时点间的订货费用、库存持有成本、缺货成本及相应的时间长度. 随机需求下采购方采用 (R, Q) 策略时库存水平随时间变化的情况, 如图 1 所示.

与文献[6]类似, 根据图 1, 并结合几何知识易得

$$\frac{x}{l} = \frac{R}{D_l}, \quad \frac{l+y}{l} = \frac{Q - (R - D_l)}{D_l},$$

$$\frac{(R - D_l + Q) - (R - D_l)}{D_l} = \frac{l+z}{l}.$$

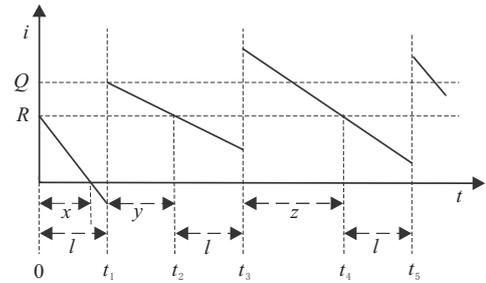


图 1 (R, Q) 策略库存 i 随时间 t 变化示意图

化简得

$$x = \frac{lR}{D_l}, \tag{1}$$

$$y = \frac{l(Q - R)}{D_l}, \tag{2}$$

$$z = \frac{l(Q - D_l)}{D_l}. \tag{3}$$

值得指出的是, 由于假设 $Q \geq R$, 所以式(2)表示的 y 的最小值为 0; 式(3)实际上是在 $D_l \leq R$ 的前提下得出的, 再结合 $Q \geq R$, 易得 z 的最小值也是 0.

由于 D_l 为随机变量, 分 $D_l > R$ 和 $D_l \leq R$ 两种情况进行讨论:

1) $D_l > R$ 时, 相邻两次订货时点间的库存水平变化如图 1 的 $0 \sim t_2$ 时段, 该时段内单位时间总成本(订货费、货物成本、库存持有成本和缺货成本之和)为

$$C_1(R, Q) = \frac{1}{l+y} \left[k + pQ + h \left(\frac{R}{2} x + \frac{Q+R}{2} y \right) + s(D_l - R) \right].$$

2) $D_l \leq R$ 时, 相邻两次订货时点间的库存水平变化如图 1 的 $t_2 \sim t_4$ 时段, 该时段内单位时间总成本为

$$C_2(R, Q) = \frac{1}{l+z} \left[k + pQ + h \left(\frac{R+R-D_l}{2} l + \frac{R-D_l+Q+R}{2} z \right) \right].$$

相邻两次订货间单位时间期望总成本为

$$C(Q, R) = \int_0^R C_2(R, Q) f(D_l) dD_l + \int_R^{+\infty} C_1(R, Q) f(D_l) dD_l.$$

将式(1)、(2)和(3)代入 $C(Q, R)$, 化简可得

$$C(Q, R) = \int_0^R \frac{1}{2lQ} [hlQ^2 + 2hlRQ + (2k + 2pQ - 2hlQ)D_l] f(D_l) dD_l + \int_R^{+\infty} \frac{1}{2l(Q - R + D_l)} [hlQ^2 + (2k + 2pQ - 2sR)D_l + 2sD_l^2] f(D_l) dD_l.$$

考虑订货批量约束及采购商自身的最大库容限制后, 以采购商相邻两次订货时点间单位时间的期望总成本最小为目标建立优化模型 P_1 如下:

$$(P_1) \quad \min C(Q, R) =$$

$$\int_0^R \frac{1}{2lQ} [hlQ^2 + 2hlRQ + (2k + 2pQ - 2hlQ)D_l] f(D_l) dD_l + \int_R^{+\infty} \frac{1}{2l(Q-R+D_l)} [hlQ^2 + 2sD_l^2 + (2k + 2pQ - 2sR)D_l] f(D_l) dD_l; \quad (4)$$

s.t. $0 \leq R \leq Q,$ (5)

$$Q_L \leq Q \leq Q_U, \quad (6)$$

$$R + Q \leq V + D_{\min}. \quad (7)$$

其中: 式(6)为供应商对采购商的订货批量约束; 式(7)为采购商的最大库容约束(采购商的可能最大库存水平为 $R - D_{\min} + Q$, D_{\min} 为 D_l 的可能最小值).

3 求解方法

式(4)为含有3个未知变量的分段积分的和, 被积函数分母中含有积分变量, 形式复杂; 若不给定 D_l 所服从的分布的具体形式, 则很难分析目标函数的性质. 因此, 很难就 $f(D_l)$ 的一般形式用传统的优化方法对 P_1 进行分析和求解, 只能对 $f(D_l)$ 的特定形式进行探讨.

下面以 D_l 服从均匀分布为例进行讨论. 设其概率密度函数为

$$f(D_l) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq D_l \leq b; \\ 0, & \text{else.} \end{cases} \quad (8)$$

当 R 处于不同的范围时, 式(4)将会由于积分上、下限的改变而不同, 下面分3种情况进行分析:

1) $0 \leq R \leq a$. 将式(8)代入(4), 模型 P_1 转化为 P_2^1 , 即

$$(P_2^1) \quad \min C(Q, R) = \frac{1}{2l(b-a)} [(hl + 2s - 2p)Q^2 + (2pR - 2sR - 2k)Q + 2kR] \ln \frac{Q-R+b}{Q-R+a} + \frac{1}{2l(b-a)} [(2p - 4s)Q + (2sR + 2k)](b-a) + \frac{s}{2l(b-a)} [(Q - R + b)^2 - (Q - R + a)^2];$$

s.t. $0 \leq R \leq a,$

$$R \leq Q,$$

$$Q_L \leq Q \leq Q_U,$$

$$R + Q \leq V + a.$$

当 $Q_L > V + a$ 时, P_2^1 无解, 意味着采购商不应该接受这种最小订货批量约束.

2) $a < R < b$. 将式(8)代入(4), P_1 转化为 P_2^2 , 即

$$(P_2^2) \quad \min C(Q, R) = \frac{1}{2l(b-a)Q} [(hlQ^2 + 2hlRQ)(R-a) + (k +$$

$$pQ - hlQ)(R^2 - a^2)] + \frac{1}{2l(b-a)} [(hl + 2s - 2p)Q^2 + (2pR - 2sR - 2k)Q + 2kR] \times \ln \frac{Q-R+b}{Q} + \frac{1}{2l(b-a)} [(2p - 4s)Q + (2sR + 2k)](b-R) + \frac{s}{2l(b-a)} [(Q - R + b)^2 - Q^2];$$

s.t. $a < R < b,$

$$R \leq Q,$$

$$Q_L \leq Q \leq Q_U,$$

$$R + Q \leq V + a.$$

当 $Q_L \geq V$ 或 $Q_U \leq a$ 或 $a \geq V$ 时, P_2^2 无解, 意味着采购商的最优再订货点 R 应处于区间 (a, b) 之外.

3) $b \leq R$. 将式(8)代入(4), P_1 转化为 P_2^3 , 即

$$(P_2^3) \quad \min C(Q, R) = \frac{1}{2l(b-a)Q} [(hlQ^2 + 2hlRQ)(b-a) + (k + pQ - hlQ)(b^2 - a^2)];$$

s.t. $b \leq R,$

$$R \leq Q,$$

$$Q_L \leq Q \leq Q_U,$$

$$R + Q \leq V + a.$$

当 $Q_L > V + a - b$ 或 $Q_U < b$ 或 $b > (V + a)/2$ 时, P_2^3 无解, 意味着采购商的最优再订货点 R 应小于 b .

P_2^1, P_2^2 和 P_2^3 均为含多个线性不等式约束和两个决策变量的非线性规划, 目标函数复杂, 相应的导函数更加复杂, 不易用传统方法求解. 而最早由 Kennedy 和 Elberhart 提出的粒子群算法, 概念简单、容易实现、全局寻优能力强、效率高, 被广泛应用于诸多科学与工程领域^[15]. 本文便采用粒子群算法进行求解. 具体步骤为: 对于每组给定的参数, 先分别判别 P_2^1, P_2^2 和 P_2^3 是否有解; 再用粒子群算法对其中存在可行解的分别进行求解; 最后取各最优解中目标函数值最小者作为整个问题的最优解. 为方便讨论, 记整个问题的最优解为 $R = R^*$ 和 $Q = Q^*$, 相应的最小总成本期望值为 C^* . 由此可得采购商的安全库存量 $SS^* = \max \left\{ R^* - \frac{a+b}{2}, 0 \right\}$, 即最优再订货点与提前期需求期望值的差; 补货周期服务水平 $CSL^* = P(D_l \leq R^*)$, 即提前期需求不大于最优再订货点水平的概率.

4 算例及仿真

4.1 算例求解

相关参数如表1所示.

采用上述方法求得3种情形下的最优补货策略

表 1 算例参数

l	a	b	p	k	h	s	Q_L	Q_U	V
7	20	80	10	190	1	30	30	90	180

及相应总成本期望值,并得出最终的最优补货策略、安全库存量和周期服务水平,如表 2 所示。

表 2 算例求解结果

	$0 < R \leq a$	$a < R < b$	$b \leq R$
R	20	56.9	80
Q	79.8	59.1	80
C	155.4	143.9	158.4
SS	0	6.9	30
CSL	0	100%	100%
R^*		56.9	
Q^*		59.1	
C^*		143.9	
SS*		6.9	
CSL*		61.5%	

4.2 仿真分析

下面逐一变动相关参数值,考察最优补货策略及总成本的变化情况,从资源约束、成本参数及需求特征 3 个方面分析各参数对系统的影响。

4.2.1 资源约束

1) 订货批量约束. 其他参数取自 4.1 节算例(以下讨论类似),只改变 Q_L 和 Q_U 的值,求得最优 (R, Q) 策略、安全库存及周期服务水平,如表 3 所示. 从表 3 可以看出,当订货批量下限(上限)自某种情形下的最优订货批量开始逐渐增加(下降)时(前者如第 1 行,后者如第 2 行),最优再订货点逐渐下降,安全库存量及周期服务水平因而随之下降,最优订货批量等于相应的订货批量下限(上限),相应的总成本期望值则逐渐增加;当订货批量上限过小时(下限过大时),最优订货批量等于其上(下)限,不需持有安全库存,且总成本急剧增加(前者如第 3 行,后者如第 4 行);当订货批量约束的区间长度不变,但其下限和上限相应改变时,最小总成本一般会随之改变,除非原来的最优订货批量仍处于变化后的约束范围内(如第 5 行与表 2 结果相同). 采购商据此可选择具有不同订货批量约束的供应商(如应选第 1 和第 5 行对应的供应商,因为总成本最小)。

2) 库容约束. 只改变 V 的值,计算结果如表 4 所

表 3 订货批量约束变化时的算例求解结果

Q_L	Q_U	R^*	Q^*	C^*	SS*	CSL*/%
60	90	56.7	60	143.9	6.7	61.2
30	45	45	45	148.9	0	41.7
0	20	20	20	188.9	0	0
180	240	20	180	178.5	0	0
50	110	56.9	59.1	143.9	6.9	61.5

示. 从表 4 可以看出,随着采购方最大库容量的减小(除非库容不小于原最优再订货点和订货批量的和,如第 1 行与表 2 结果一致),由于再订货点和订货批量的和的上限减小(见式(7))导致最优再订货点和最优订货批量均逐渐下降,安全库存量及周期服务水平因而随之下降,而总成本期望值逐渐增加;当最大库容量小于一定值时,最优再订货点和最优订货批量的和总等于其可行的最大值,且不需持有安全库存(如第 2 行);再进一步减小最大库容量,最优再订货点将变为 0,订货批量变为其下限(如最后一行),此时由于缺货成本的上升导致了总成本期望值急剧增加。

表 4 库容约束变化时的算例求解结果

V	R^*	Q^*	C^*	SS*	CSL*/%
120	56.9	59.1	143.9	6.9	61.5
60	37.5	42.5	153.5	0	29.2
30	20	0	174.7	0	0
10	0	0	184.7	0	0

4.2.2 成本参数

1) 产品单价. 只改变 p 的值,计算结果如表 5 所示. 表 5 表明,当产品单价增加时,最优再订货点、订货批量、安全库存量和周期服务水平均下降,而总成本期望值则随之上升;总成本随产品单价上升的速率逐渐减小,并不与产品单价成正比. 当产品单价增加到一定程度时,不需要持有安全库存;若产品单价继续增加,则最优再订货点将为 0,最优订货批量降至订货批量下限. 这是因为当产品单价增至 25 以上时,货物成本已与单位缺货成本接近,若再考虑库存持有成本,则最优再订货点降为 0. 这些结果与绝大多数相关文献将一定时期的需求量的期望值默认为最优采购总量,或者将订货批量与再订货点分开求解而得出最优策略与产品单价无关的结果是截然不同的。

表 5 产品单价变化时的算例求解结果

p	R^*	Q^*	C^*	SS*	CSL*/%
5	61.4	61.4	110.6	11.4	69.0
15	46.2	59.7	175.4	0	43.7
25	0	42.2	222.7	0	0
30	0	30	236.6	0	0

2) 固定订货费. 只改变 k 的值,计算结果如表 6 所示. 从表 6 可以看出,当固定订货费增加时,最优订货批量和总成本均逐渐增加;固定订货费较小时,随着固定订货费的增加,最优再订货点逐渐增加且与订货批量相等,安全库存及周期服务水平也随之增加(如第 1 和第 2 行);当固定订货费超过一定值后(如第 3~第 5 行),随着固定订货费的增加,最优再订货点却逐渐下降直至为 0,且与最优订货批量不相等,安全库存及周期服务水平也随之下降. 这表明了问题的复杂性。

表6 固定订货费变化时的算例求解结果

k	R^*	Q^*	C^*	SS^*	$CSL^*/\%$
50	55.4	55.4	127.8	5.4	50.9
150	57.1	57.1	139.3	7.1	61.8
300	50.9	72.9	154.6	0.9	51.5
490	42.9	90	169.2	0	38.2
1200	0	90	213.9	0	0

3) 单位时间单位库存持有成本. 只改变 h 的值, 计算结果如表7所示.

表7 单位时间单位库存持有成本变化时的算例求解结果

h	R^*	Q^*	C^*	SS^*	$CSL^*/\%$
2	39.1	55.4	127.8	5.4	50.9
4	23.7	57.1	139.3	7.1	61.8
6	0	72.9	154.6	0.9	51.5

表7表明, 当单位时间单位库存持有成本增加时, 最优再订货点、订货批量、安全库存量和周期服务水平平均逐渐下降, 但总成本逐渐增加. 另外, 将表7与表3, 表4, 表6比较可以看出, 总成本对单位时间单位库存持有成本的敏感性比其对订货批量约束、最大库容及固定订货费的敏感性更高(可以预见, 当提前期增加时, 这种敏感性将更高). 因此, 应该设法降低库存, 这正好反映了在一定条件下不持有安全库存是最优选择的合理性.

4) 单位缺货成本. 只改变 s 的值, 计算结果如表8所示. 表8表明, 最优再订货点、订货批量、总成本、安全库存及周期服务水平平均会随着单位缺货成本的增加而增加, 增加的速率逐渐减小. 当单位缺货成本小于一定值时, 不需要持有安全库存甚至最优再订货点降至0, 降低单位缺货成本将会显著节约成本. 当单位缺货成本超过一定值时, 最优再订货点与订货批量相等.

表8 单位缺货成本变化时的算例求解结果

s	R^*	Q^*	C^*	SS^*	$CSL^*/\%$
0	0	30	48.3	0	0
15	0	42.2	115.6	0	0
30	56.9	59.1	143.9	6.9	61.5
40	64.1	64.1	148.1	14.1	73.5
100	74.2	74.2	154.7	24.2	90.3
1000	79.5	79.5	158	29.5	99.2

在实践中, 单位缺货成本往往较难准确估计, 可采用本文方法反过来评估单位缺货成本, 并据此选择适当的安全库存水平. 例如, 若要将安全库存量设置为24个单位, 则相应的单位缺货成本应该达到100, 即产品单价的10倍. 依此类推, 若能大概估计单位缺货成本处于产品单价的4倍与10倍之间, 则最优安全库存量应该处于14~24之间. 单位缺货成本一般很难达到产品单价的100倍, 因此保持29个单位安全库存量是不必要也是不明智的.

4.2.3 需求特征

1) 需求分布. 只改变 a 和 b 的值, 计算结果如表9所示. 表9表明, 最优安全库存量和总成本随着需求不确定性的减小而减少, 最优安全库存量随需求不确定性的减小而减少的速率逐渐增大, 而总成本随需求不确定性的减小而减少的速率逐渐减小. 因此, 供应链企业应设法降低需求不确定性, 如提高需求预测精度、缩短供应提前期或签订一定形式的契约以保证一定数量的需求等.

表9 提前期需求分布参数变化时的算例求解结果

a	b	R^*	Q^*	C^*	SS^*	$CSL^*/\%$
0	100	59.6	64.2	158.4	9.6	66.0
10	90	58.5	61.6	151	8.5	64.2
20	80	56.9	59.1	143.9	6.9	61.5
30	70	54.9	56.7	136.8	4.9	58.2
40	60	52.6	54.4	130	2.6	54.3

2) 订货提前期. 提前期需求的不确定性情况除了与需求分布的类型和参数有关外, 也与提前期长度密切相关. 在需求分布不变时, 提前期越短需求不确定性越大; 反之, 则需求不确定性越小. 因此, 以下从需求不确定性角度考察订货提前期的影响.

只改变 l 的值, 计算结果如表10所示. 表10表明, 当订货提前期增加时, 最优再订货点、订货批量、总成本、安全库存量和周期服务水平平均逐渐下降(除非受订货批量约束), 且最优订货批量和总成本的下降速率逐渐减小, 这与上述分析及需求分布参数变化时的结果保持一致. 当然, 在提前期需求分布不变, 但提前期加长时, 单位时间内的需求量会减少, 这也是导致最优订货批量和总成本下降的一个原因. 不过, 总成本并不与提前期长度成反比. 这也说明对采购而言, 应该促使供应商缩短订货提前期, 以降低成本.

表10 订货提前期变化时的算例求解结果

l	R^*	Q^*	C^*	SS^*	$CSL^*/\%$
2	72	90	373.9	22	86.7
5	62.7	67.7	184.1	12.7	71.2
10	48.5	51.3	110.9	0	47.5
36	20	30	40.6	0	0
39	0	30	38	0	0

4.3 供应商选择问题

不同供应商的产品价格、订货批量约束可能不同, 对不同供应商的固定订货费可能也有差别. 如何在这些供应商中选择, 以使采购方成本最小是一个值得探讨的重要问题. 实际上, 本文方法除了可以为各种不同情形计算最优库存控制策略外, 更重要的是可以用于供应商选择. 不同供应商即对应于这4个参数的不同组合(其他参数均分别相同), 采用上述方法可

分别计算最优 (R, Q) 库存控制策略和相应的总成本期望值, 总成本期望值最小者则为最优供应商.

5 结 论

实践中, 为了降低成本、提高效率, 以及资源有限等原因, 一些企业往往对客户的订购批量设置范围, 自身可能也存在库容限制. 本文针对单供应商-单采购商系统, 假设需求随机, 供应商对采购商的采购批量具有最小、最大约束, 采购方库容有限且采用 (R, Q) 库存控制策略, 构建了使采购方相邻两次订货时间点单位时间的订购、货物、库存及缺货成本总和期望值最小的优化模型. 以均匀分布需求为例, 建立了基于粒子群算法的求解方法, 结合算例从资源约束、成本参数及需求特征 3 个方面分析了各参数对采购商最优再订货点、订货批量及相应的最小总成本期望值的影响. 仿真结果表明了本文所讨论问题的复杂性, 而且最优再订货点和最优订货批量均与产品价格有关, 有时不持有安全库存更优.

本文在理论上克服了已有的 (R, Q) 策略研究将一定时期随机需求期望值默认为最优采购总量, 并由此计算订货费、货物成本及缺货成本的不足, 将 (R, Q) 策略扩展到资源有限情形; 在实践上可为该情形下安全库存与订货批量的联合优化提供方法支持, 为选择具有不同固定订货费、产品价格及订货批量约束的供应商提供成功评估方法和决策依据. 当随机需求服从其他分布时, 也可以类似地进行求解和分析. 下一步将进一步考虑提前期不确定因素, 或者研究本情形下其他库存控制策略的优化, 并对不同策略进行比较, 以确定最优库存控制策略.

参考文献(References)

- [1] 岳超源, 李武, 陈阳. 供应链环境安全库存优化配置研究[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2008, 42(4): 523-529.
(Yue C Y, Li W, Chen Y. Optimizing safety stock placement in supply chains[J]. J of Huazhong Normal University: Natural Science Edition, 2008, 42(4): 523-529.)
- [2] 张艾荣. (R, Q) 补货及产品替代下的供应链库存模型研究[D]. 武汉: 华中科技大学管理学院, 2007.
(Zhang A R. Study on supply chain inventory model under (Q, R) replenishment strategy and product substitution[D]. Wuhan: School of Management, Huazhong University of Science and Technology, 2007.)
- [3] Alstrøm P. Numerical computation of inventory policies, based on the $EOQ/\sigma x$ value for order-point systems[J]. Int J of Production Economics, 2001, 71(1/3): 235-245.
- [4] Tsou C S. Evolutionary pareto optimizers for continuous review stochastic inventory systems[J]. European J of Operational Research, 2009, 195(2): 364-371.
- [5] 马士华, 林勇. 基于随机提前期的 (Q, r) 库存模型[J]. 计算机集成制造系统-CMIS, 2002, 8(5): 396-398.
(Ma S H, Lin Y. A inventory model based on stochastic lead time[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2002, 8(5): 396-398.)
- [6] 施文武, 严洪森, 汪峥. 一种多周期随机需求生产/库存控制方法[J]. 控制与决策, 2007, 22(9): 994-999.
(Shi W W, Yan H S, Wang Z. Control method for multi-period production/inventory model under random demands[J]. Control and Decision, 2007, 22(9): 994-999.)
- [7] 纪鹏程, 宋士吉, 吴澄. 随机需求和提前期环境下的精确库存成本建模[J]. 计算机集成制造系统-CMIS, 2008, 14(11): 2129-2133.
(Ji P C, Song S J, Wu C. Exact inventory cost model with random demands and lead time[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(11): 2129-2133.)
- [8] Axsäter S. A simple decision rule for decentralized two-echelon inventory control[J]. Int J of Production Economics, 2005, 93/94: 53-59.
- [9] Pan J C H, Lo M C, Hsiao Y C. Optimal reorder point inventory models with variable lead time and backorder discount considerations[J]. European J of Operational Research, 2004, 158(2): 488-505.
- [10] Darwish M A. Joint determination of order quantity and reorder point of continuous review model under quantity and freight rate discounts[J]. Computers & Operations Research, 2008, 35(12): 3902-3917.
- [11] 夏海洋, 黄培清. 未知需求分布下含数量折扣的可变提前期库存模型[J]. 上海交通大学学报, 2008, 42(9): 1515-1519.
(Xia H Y, Huang P Q. The inventory model with quantity discounts and variable lead time when demand distribution is unknown[J]. J of Shanghai Jiaotong University, 2008, 42(9): 1515-1519.)
- [12] Reed W J. The Pareto, Zipf and other power laws[J]. Economics Letters, 2001, 74(1): 15-19.
- [13] Zhao Y, Katehakis M N. On the structure of optimal ordering policies for stochastic inventory systems with minimum order quantity[J]. Probability in the Engineering and Informational Sciences, 2006, 20(2): 257-270.
- [14] Zhou B, Zhao Y, Katehakis M N. Effective control policies for stochastic inventory systems with a minimum order quantity and linear costs[J]. Int J of Production Economics, 2007, 106(2): 523-531.
- [15] De Oca M A M, Stützle T, Birattari M, et al. Frankenstein's PSO: A composite particle swarm optimization algorithm[J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2009, 13(5): 1120-1132.