

文章编号: 1005-3026(2002)01-0087-04

需求不确定的分销系统最小成本模型

高峻峻, 王迎军, 郭亚军
(东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘 要: 提出一种分销系统的最小成本模型, 这里的产品为单一产品, 产品的需求和到达的提前期都是不确定的, 且允许缺货. 运用该模型研究两个制造商两个分销商组成的分销网络成本优化问题, 把分销商满足市场需求时的服务水平作为优化问题的约束条件. 综合考虑库存成本、订货成本、运输成本和缺货成本, 给出了求解满足约束的最优订货量的算法, 最后给出案例.

关 键 词: 顾客需求; 需求的不确定性; 供应链; 分销系统; 最小成本模型; 提前期

中图分类号: F 224. 3 文献标识码: A

分销网络优化问题越来越引起人们的关注^[1~4], 各种文献通过选择不同的方案设定供应链管理的外部环境来分析分销网络. 文献[5]分析了多个分销商、常量需求、生产调度与分销商订货规模的关系以及购买/制造策略四种情况下的供应商的年利润优化问题, 其缺陷是没有综合考虑各种成本. 文献[2]仅考虑了库存成本、订货成本和运输成本, 而没有将缺货成本考虑进去. 文献[6]贡献在于考虑各类成本的同时, 用服务水平来约束和控制分散的多水平系统, 但他们在系统中未考虑运输成本的影响. 文献[7]研究的运输-库存模型不再简单假设单位运输成本为订货量的线性函数, 而把运输时间作为提前期的一部分, 分析由运输成本、持有成本、订货成本、缺货成本组成的总成本的优化问题. 文献[3, 4, 8, 9]分析单个制造商、多个处于相同地位的分销商、一个中心仓库的库存系统优化问题, 用 Poisson 分布描述市场需求.

本文研究两个制造商和两个分销商组成的分销网络的后勤成本问题, 综合考虑库存成本、订货成本、运输成本和缺货成本, 把服务水平作为约束条件进行建模, 最后给出案例.

1 基本模型

一个低成本高效益的分销网络将会给整条供应链提供强有力的竞争优势. 图 1 所示的分销网络是很常见的由两个生产同类产品的制造商组成的企业集团同时为两个分销商供货的结构.

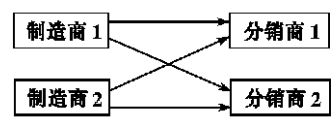


图 1 分销网络结构示意图
Fig. 1 Distribution network

在此分销网络中, 企业集团和分销商之间一直具备良好的供应链合作伙伴关系, 制造商可以根据分销商的订单实现 JIT 生产, 且双方的最终目的都是为了最佳的满足顾客需求, 因此, 忽略制造商的缺货成本和库存持有成本. 年总成本由分销网络的运输成本、分销商的库存持有成本、制造商和分销商的订货成本及分销商的缺货成本四部分组成.

1.1 基本假设及符号含义

本文分销网络模型假设: 分销商的库存系统采用连续检查控制策略(每次订货的订货量固定, 再订货点为提前期需求与安全库存之和, 安全库存为与目标缺货概率相应的安全库存因子同提前期需求方差的乘积); 产品为单一产品且其年需求量可以根据历史数据预测出来; 不考虑制造商的库存持有成本和缺货成本; 分销商每年向不同制造商订货的比例是确定的; 运输服务由第三方物流中心来实现小批运送; 日需求量、订货提前期是相互独立的随机变量, 它们的均值和方差已知, 提前期需求的均值和方差分别为^[1] $\mu_{cj} = \mu_{Lj}\mu_{dj}$, $\sigma_{dj}^2 = \sigma_{dj}^2 \cdot \sigma_{Lj}^2 + \mu_{Lj}^2 \cdot \sigma_{dj}^2 + \mu_{dj}^2 \cdot \sigma_{Lj}^2$. 其中, 提前期 L_j 等于订货处理时间 γ_j 与运输时间 T_j 之和, 假设订货处理时间是固定不变的, 则提前期的方差应等于运输时间的方

差,即^[7]: $\mu_{Lj} = \gamma_j + \mu_{ij}$, $\sigma_{Lj}^2 = \sigma_{ij}^2$ 。

文中用到的一些术语及符号的含义如下:

- i, j —— 分别代表制造商和分销商;
- R —— 年需求量 (件);
- Q —— 每次的订货量 (件);
- SS —— 分销商的安全库存 (件);
- ES —— 分销商每次订货的预期缺货量 (件);
- V —— 单位产品的价值 (元);
- W —— 单位库存持有成本 (元/件);
- Y —— 单位的在运库存持有成本 (元/件);
- B —— 单位的延期交货成本 (元/件);
- d —— 运价折扣 (%);
- ESL —— 预期服务水平;
- TSL —— 目标服务水平;
- K_{mj} —— 制造商每次订货的过程成本 (元);
- K_{dj} —— 分销商每次订货的过程成本 (元);
- λ_{ij} —— 制造商 i 供应分销商 j 的货物量占其年需求量的比例 (%);
- L_{ij} —— 制造商 i 到分销商 j 之间的距离 (km);
- $J(Q_1, Q_2)$ —— 分销网络年预期总成本。

1.2 基本模型

分销网络的预期年总成本包括分销网络的订货成本 C_0 、分销商的库存持有成本 C_h 、分销网络的运输成本 C_t 、分销商的缺货成本 C_s , 它们分别表示如下

$$C_0 = \sum_{i=1}^2 K_{mi} \left[\frac{R_1 \lambda_{i1}}{Q_1 \lambda_{i1}} + \frac{R_2 \lambda_{i2}}{Q_2 \lambda_{i2}} \right] + \sum_{j=1}^2 K_{dj} \left[\frac{R_j \lambda_{1j}}{Q_j \lambda_{1j}} + \frac{R_j \lambda_{2j}}{Q_j \lambda_{2j}} \right] \tag{1}$$

$$C_h = \sum_{j=1}^2 \left[\frac{Q_j}{2} + SS_j \right] \cdot W_j + \sum_{j=1}^2 (\mu_{t_j} \cdot \mu_{d_j}) \cdot Y_j \tag{2}$$

$$C_t = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 f(Q_j \lambda_{ij}) L_{ij} \frac{R_j \lambda_{ij}}{Q_j \lambda_{ij} (1-d)} \tag{3}$$

$$C_s = \sum_{j=1}^2 b_j \cdot ES_j \frac{R_j}{Q_j} \cdot B_j + \sum_{j=1}^2 (1-b_j) \cdot ES_j \frac{R_j}{Q_j} \cdot V \tag{4}$$

式(1)前半部分表示,第 i 个制造商发生的总订货次数与制造商每次订货发生的订货过程成本 (K_{mi})相乘所得到的制造商全年订货成本,同理可得后半部分,即分销商全年的订货成本;式(2)用分销商的平均库存量 ($Q_j/2 + SS_j$)与单位库存持有成本的乘积表示全年库存持有成本, μ_{t_j} 和 μ_{d_j} 分别表示表示运输时间、日需求量的均值;式(3)中 $f(x) =$

$(1-d)$ 是运载量为 s 运价折扣为 d 时的运价函数^[7],其幂函数形式为 $f(s) \circ (1-d) = \alpha(w \circ s)^b (1-d)$ (其中 w 表示单位质量 (kg/件); a, b 为待定参数, $a > 0, -1 < b < 0$); $R_j \lambda_{ij} / Q_j \lambda_{ij}$ 表示全年的订货次数,于是可得分销网络全年的运输成本;式(4)表示分销网络全年的缺货成本,它由对应于忠诚顾客的延期交货成本 and 对应于非忠诚顾客的销售损失两部分组成,第一项表示延期订货成本,其中 $b_j ES_j$ 表示每次订货将被延期交货的货物量,第二项表示所发生的销售损失, $(1-b_j) ES_j$ 表示每次订货将要发生的销售损失的货物量。

通过优化分销网络的最小成本模型(5),可以找到使 $J(Q_1, Q_2)$ 尽可能小、同时使预期服务水平高于目标服务水平的 Q_1, Q_2 。这是非线性优化问题,具体模型为

$$\begin{aligned} \min J(Q_1, Q_2) = & \sum_{j=1}^2 (K_{m1} + K_{m2} + 2K_{dj}) \frac{R_j}{Q_j} + \\ & \sum_{j=1}^2 \left[\frac{Q_j}{2} + SS_j \right] W_j + \sum_{j=1}^2 \mu_{t_j} \mu_{d_j} Y_j + \\ & \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \alpha(w \lambda_{ij} Q_j)^b L_{ij} \frac{R_j}{Q_j} (1-d) + \\ & \sum_{j=1}^2 b_j ES_j \frac{R_j}{Q_j} B_j + \sum_{j=1}^2 (1-b_j) ES_j \frac{R_j}{Q_j} V \\ \text{s. t. } & ESL_j(Q_j) \geq TSL_j \\ & Q_1 > 0 \\ & Q_2 > 0 \\ & \text{预期服务水平为}^{[10]} \end{aligned} \tag{5}$$

$$ESL_j = 1 - \frac{G(k_j) \cdot \sigma_{cj}}{Q_j}$$

式中, $G(k) \sigma_{cj} = \sigma_{cj} \int_k^\infty (s-k) g(s) ds$ 表示预期缺货量, $g(s)$ 为需求的密度函数。

1.3 最优订货量的求解

可以证明上述优化指标的右端是下凸函数有最小值。由 $\frac{\partial J}{\partial Q_1} = 0, \frac{\partial J}{\partial Q_2} = 0$ 得:

$$\left. \begin{aligned} &aw^b(1-d)(b-1)(L_{11}\lambda_{11}^b + L_{21}\lambda_{21}^b)R_1Q_1^b + \\ &\frac{W_1}{2}Q_1^2 - R_1(K_{m1} + K_{m2} + 2K_{d1}) - \\ &b_1ES_1B_1R_1 - (1-b_1)ES_1R_1V = 0 \\ &aw^b(1-d)(b-1)(L_{12}\lambda_{12}^b + L_{22}\lambda_{22}^b)R_2Q_2^b + \\ &\frac{W_2}{2}Q_2^2 - R_2(K_{m1} + K_{m2} + 2K_{d2}) - \\ &b_2ES_2B_2R_2 - (1-b_2)ES_2R_2V = 0 \end{aligned} \right\} \tag{6}$$

通过数值计算求得的整数 Q_1, Q_2 就是使总成本

最小的最优订货量^①。

2 分析实例

表 1 中列出了模型中须用到的参数值(假定分销商 D_1 的目标缺货率为 $\alpha_1=2.3\%$, 分销商

D_2 的目标缺货率($\alpha_2=2.5\%$), 在此设定条件下大部分单一产品都是从 20~150km 外用卡车运来的, 其中运价费率的参数值是由第三方物流中心的运价确定的。

表 1 模型中的主要参数值
Table 1 The parameter value used in the model

参数	参数值	参数	参数值	参数	参数值	参数	参数值
a	132.92	R_1	360	d	10%	μ_{t1}/σ_{t1}	1/0.52
b	-0.64	R_2	480	λ_{11}	50%	μ_{t2}/σ_{t2}	1/0.68
L_{11}	25	w	70	λ_{21}	50%	μ_{d1}/σ_{d1}	1/1.64
L_{21}	180	V	8 500	λ_{12}	50%	μ_{d2}/σ_{d2}	1.33/1.85
L_{12}	120	W_1	5 100	λ_{22}	50%	μ_{c1}/σ_{c1}	4/6.64
L_{22}	40	W_2	5 525	γ	3	μ_{c2}/σ_{c2}	5.22/7.56
K_{m1}	25	Y_1	1 275	B_1	850	μ_{L1}/σ_{L1}	4/10.52
K_{m2}	25	Y_2	1 275	B_2	850	μ_{L2}/σ_{L2}	4/0.68
K_{d1}	15	K_{d2}	15	b_j	90%		

$TS L_1=1-\alpha_1=1-2.3\%=97.7\%$, $TS L_2=1-\alpha_2=1-2.5\%=97.5\%$, 对应的安全库存因子分别为, $k_1=2.00$, $k_2=1.95$ (根据标准正态分布表查得)。

故分销商 D_1 和 D_2 的安全库存和再订货点为

$$\begin{aligned}SS_1 &= k_1 \cdot \sigma_{c1} = 2 \times 6.6356 \approx 13, \\SS_2 &= k_2 \cdot \sigma_{c2} = 1.95 \times 7.5605 \approx 15, \\S_1 &= \mu_{c1} + SS_1 = 13 + 4 = 17, \\S_2 &= \mu_{c2} + SS_2 = 15 + 5 = 20\end{aligned}$$

将算出的 SS_j 的值和表 1 列出的参数值带入基本模型中, 求得

$$Q_1^* = 12, Q_2^* = 12, J^* = 259\,380$$

分销网络预期服务水平为 $ESL_1=99.56\%$, $ESL_2=99.43\%$, 均可达了目标服务水平, 因此, 上述订货量就是所求的最优订货量。

3 结 论

本文研究了在需求不确定条件下, 由两个制造商和两个分销商组成的分销网络的成本优化问题。首先, 给出了较为全面合理的成本模型, 用数值方法求解使供应链分销网络的总成本最小这一带约束的优化问题, 得到满足目标服务水平要求的最优订货量, 最后的案例分析说明了该模型的求解过程。

未来研究方向包括:

(1) 研究一对多的分销网络成本优化问题;

(2) 考虑总成本时加入制造商的库存持有成本;

(3) 在分销商的库存策略为周期检查策略的情景下优化分销网络成本。

参考文献:

[1] 王迎军. 供应链管理实用建模方法及数据挖掘[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001. 27—48, 69—89, 107—120.
(Wang Y J. Practical modeling methods for supply chain management and data mining [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001. 27—48, 69—89, 107—120.)

[2] Ganeshan R. Managing supply chain inventories: a multiple retailers, one warehouse, multiple supplier model[J]. *Int J Production Economics*, 1999, 59: 341—354.

[3] Bylka S. A dynamic model for the single-vendor, multi-buyer problem[J]. *Int J Production Economics*, 1999, 59: 297—304.

[4] Barnes-Schuster D, Bassok Y. Direct shipping and the dynamic single-depot/multi-retailer inventory system[J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 101: 509—518.

[5] Weng Z K, Wong R T. General models for the supplier's all-unit quantity discount policy[J]. *Naval Research Logistics*, 1993, 40: 971—991.

[6] Diks E B, Kok A G. Multi-echelon systems: a service measure perspective[J]. *European Journal of Operational Research*, 1996, 95: 241—264.

[7] Tyworth J E, Zeng A Z. Estimating the effects of carrier transit-time performance on logistics cost and service[J]. *Transportation Research—A*, 1998, 32: 89—97.

[8] Gullu R. A two-echelon allocation model and the value of information under correlated forecasts and demands[J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 99: 386—400.

[9] Axsater S, Zhang W. A joint replenishment policy for multi-echelon inventory control[J]. *Int J Production Economics*, 1999, 59: 243—250.

[10] Bowersox D J, Closs D J. *Logistics management: the integrated supply chain process* [M]. McGraw-Hill Companies, 1998.

① 如果服务水平达到或超过了目标值, 那么所求得的 Q_j 即为最优订货量; 如果未达到目标服务水平, 则令 $Q_j = Q_j + 1$, 直至满足目标服务水平的约束为止。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Minimum Cost Model of Distribution Systems Under Demand Uncertainty

GAO Jun-jun, WANG Ying-jun, GUO Ya-jun
(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China, Correspondent: GAO Jun-jun, E-mail: gaojunjun21cn@263.net)

Abstract Minimum cost models of distribution system were proposed for a single product supply chain. The demand per day and the lead time (composed of fixed ordering process time and uncertain transportation time) were assumed to be stochastic variables. The product shortage was allowed. Cost optimization problems of distribution systems with two manufacturers and two retailers were studied with restricted service level. And customer's demand was met by the retailers. The models synthetically consider holding cost, ordering cost, transportation cost and shortage cost. In order to solve the aforementioned optimization problems, the optimal order quantities that satisfied the constraints were obtained. Finally, a case was given to illustrate the solving process for the models.

Key words: customer demand; demand uncertainty; supply chain; distribute systems; minimum cost model; lead time
(Received March 30, 2001)

待发表文章
摘要 预 报

一种可伸缩的分布式网络管理系统

王 平, 赵 宏

提出了一种可伸缩的自适应分布式网络管理方案, 它采用 multi-manager/agent 的层次型结构, 通过改变系统中中间层管理者 和代理的数量适应不同规模网络的管理。基于策略的配置机制提高了管理任务的配置效率, 可以使管理员根据网络 的状况动态改变系统的管理任务。该系 统的消息触发机制可以使管理者及时发现网络中存在的问题并使其得到 处理。系统的消息分层过滤和合成机制, 有效的减少了网络资源的占用率, 防止了网络事件的盲目扩散。此外, 系统具有 的管理任务自适应调整能力可以使系统根据网络的实际情况及时调整管理任务, 大大的提高了网络管理的灵活性, 使网 络得到有效的管理, 保证了网络的可靠运行。

基于进化神经网络的入侵检测方法

王丽娜, 董晓梅, 于 戈, 王 东

将神经网络与遗传算法结合, 提出入侵检 测的进化神经网络方法, 它是个高效并行非线性动态处理系统, 可以满足 实时处理要求。首先用遗传算法优化神经网络结构, 然后用优化的神经网络进行入侵检测预测、预警。用进化神经网络方 法不断演化, 寻找最优的网络结构。当进化神经网络学会系统正常工作模式后, 能够对偏离系统正常工作的事件做出反 应, 进而可以发现一些新的攻击模式。实验表明预警率是很高的。