

Optimizing of Service-Replenishment Policies Based on Improved Forecast Accuracy of Demand and Under-Stocking on Cooperation

Xiusen Li*, Yuejun Pan, Xiaoyi Wang

School of Mathematics and Statistics, Shandong University of Technology, Zibo Shandong
Email: *leexiusen@163.com

Received: Oct. 12th, 2018; accepted: Oct. 24th, 2018; published: Oct. 31st, 2018

Abstract

Joint strategy of service-replenishment policy based on cooperation and cost sharing between vendor and retailer, is analyzed for typical products as single period, perishable, imperishable and seasonal product. Service-replenishment policy is proposed for each typical product. An improved-forward with changing cycle service-replenishment policy based on improved forecast accuracy of demand and under-stocking is also proposed for imperishable and seasonal product. With increased accuracy of cost of under-stocking accounting, according to the real under-stocking hurt, this policy will also increase both the optimal degree and actual operation. The conclusion is that: joint strategy of service-replenishment policy optimization keeps higher and stable service level, and then, incurs higher and stable replenishment lot size as a result, which will help to harmonize the operation and cooperation of the two parts in reality.

Keywords

Supply Chain, Cycle Service Level (Product Availability), Service-Replenishment Policy, Improved-Forward with Changing Cycle

基于需求和缺货预测改进的补货-服务水平组合策略优化

李秀森*, 潘月君, 王效义

山东理工大学, 数学与统计学院, 山东 淄博

*通讯作者。

摘要

针对单周期产品、易腐产品、耐腐产品和季节性产品,系统地研究了供销节点之间在成本分担合作模式下的补货和服务水平组合策略优化,对每种典型产品给出了组合策略优化方法。对耐腐和季节性产品提出了基于需求和缺货预测改进的变周期向前改进的补货-服务组合策略,可根据实际缺货损害程度改进缺货成本计算精度,从而提高策略的优化程度和实际操作性。结论表明:对各种典型产品,合作的补货-服务组合策略维持了较高而稳定的最优服务水平和补货量,从而有利于供销双方的协调运作。

关键词

供应链, 周期服务水平(产品可得率), 补货-服务组合策略, 变周期向前改进

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

服务水平和补货策略是供应链上供销节点之间决策的核心,也是管理者确定其它策略的基础和出发点。激烈的市场竞争、多批次小批量趋势使供应链的管理成本和风险增加,这对供应商的供货能力、销售商的预测和销售能力,以及供销双方的合作有更高的要求。而市场上不同类型产品的特性,特别是产品的生命周期、提前期以及补货特点,对于供销节点之间的补货和服务水平组合策略有着重要的影响[1] [2] [3] [4]。

单周期产品(Single period product)是指只有一次订货机会和一个销售周期的产品,此类产品具有较强的时效性,因此经营风险比较大[5] [6]。易腐产品(Perishable product)又称短生命周期产品,必须在有限时间(销售周期或生命周期)内售出,否则剩余价值将会降低,因此常根据其保质期确定订货周期,采用周期盘点策略。随着技术发展、市场竞争越来越激烈,产品更新换代加速、生命周期缩短,越来越多的产品具有易腐产品的特征[7] [8]。耐腐产品(Imperishable product)保质期较长,经过一个销售周期后的剩余仍能在下周期原价销售,一般可根据供货提前期,采用周期盘点或连续盘点策略。季节性产品(Seasonal product)销售时间较长,在一个季节内一般可以多次补货,产品可能是易腐产品,也可能是耐腐产品。其中易腐季节性产品根据保质期采用周期盘点策略,而耐腐季节性产品可以按照销售季节的初期、中期和末期三个阶段采用不同的策略。

目前对各种类型产品的研究多以需求不确定对供销双方生产、订货和库存决策的影响为主[4] [5] [6] [7] [8],而对于双方合作模式下补货-服务组合策略优化的系统研究较少。

2. 单周期产品

补货围绕唯一的销售周期(m 天)进行:在销售周期开始前 L 天(提前期),销售商基于需求预测,一次性订货,满足整个销售期需求,销售周期结束后剩余产品由销售商折价处理。基本参数:产品日需求量

x 相互独立、销售周期内需求量 mx 的分布函数 $F_m(\cdot)$ 、分布密度 $f_m(\cdot)$ 、均值 $m\mu$ ，标准差 $\sqrt{m}\sigma$ ；单位产品零售价 p 、供货价 c 、每天库存成本 h 、单位销售剩余处理价 s ($c > s$)。

(一) 合作模式下的最优服务水平

单位缺货损失(Cost of under-stocking)为 $C_u = p - c - 1/2mh > 0$ (假设市场需求较平稳, 未发生需求的剧烈变动, 此时以 $1/2mh$ 核算已销售产品的单位平均库存成本, 下文同); 单位销售剩余成本为(Cost of overstocking) $C_o = mh + c - s$, 其中包括销售剩余的库存成本 mh 和处理成本 $c - s$ 。供应链最优产品可得率(周期服务水平 Cycle service level)是销售期内需求 mx 小或等于最优订货量 Q^* 的概率, 即

$CSL^* = \text{Prob}\{mx \leq Q^*\}$ [1]。在这个水平下边际贡献为零: $(1 - CSL^*)C_u - CSL^*C_o = 0$, 故:

$$CSL^* = \frac{C_u}{C_u + C_o} \quad (1)$$

双方合作模式如下: 引进单位销售剩余的库存成本分配因子 β 和处理成本分配因子 γ , $0 \leq \beta, \gamma \leq 1$ 。此时, 销售商分担的 $C_o = \gamma(c - s) + \beta mh$, 由式(1)易得合作模式下:

$$CSL^* = \frac{p - c - 1/2mh}{p - c - 1/2mh + \gamma(c - s) + \beta mh} \quad (2)$$

(二) 合作模式下的补货-服务组合策略

当一次性订货量为 Q 时, 合作模式下销售商的期望利润为:

$$\pi(Q) = \int_0^Q QC_u f_m(mx) d(mx) + \int_0^Q [mx C_u - (Q - mx) C_o] f_m(mx) d(mx) \quad (3)$$

易证明 $\pi(Q)$ 关于 Q 是凹的。令 $\pi'(Q) = 0$, 并由式(2)易得最优订货量为: $Q^* = F_m^{-1}(CSL^*, m\mu, \sqrt{m}\sigma)$, 其中 $F_m^{-1}(\cdot)$ 为分布函数的反函数; 而需求正态时最优安全库存为 $ss^* = F_s^{-1}(CSL^*)\sqrt{m}\sigma$, 其中 $F_s^{-1}(\cdot)$ 标准正态分布函数的反函数(证明略)。

3. 易腐产品

采用以产品保质期 m 天为补货周期的盘点策略, 剩余由销售商低价处理, 由于要求配送及时, 假设提前期 $L < m$ 。合作模式下, 易腐产品各周期的服务-补货策略相同, 且与单周期产品相似[7] [8]。故只需讨论其中一个周期, 如: 第 i 周期最优产品可得率同式(2); 第 i 周期需求 mx_i 服从分布 $F_{m,i}(\cdot)$ (均值 $m\mu_i$, 标准 $\sqrt{m}\sigma_i$) 时, 第 i 周期的最优补货策略 $Q_i^* = F_{m,i}^{-1}(CSL^*, m\mu_i, \sqrt{m}\sigma_i)$, $ss_i^* = F_s^{-1}(CSL^*)\sqrt{m}\sigma_i$ 。随着实际销售的进行, 服务-补货策略随着需求预测 $F_{m,i}(\cdot)$ 的改进而更趋于优化。

4. 耐腐产品

假设销售是“先进先出”, 即本周期剩余留存到下周期后, 先于下周期的新到货售出。剩余部分虽增加了一个周期的库存成本, 但不存在销售剩余的处理问题, 即单位剩余成本 C_o 仅包括库存成本一项。对耐腐产品可采用以下的“变周期向前改进的补货-服务策略”。

第一阶段: 销售开始前 L 天第 1 次订货, 订货量覆盖第一周期 m 天的需求(分布函数为 $F_{m,1}(\cdot)$), 合作模式下, $C_o = \beta mh$, 第一周期最优可得率:

$$CSL_1^* = \frac{p - c - 1/2mh}{p - c - 1/2mh + \beta mh} \quad (4)$$

最优补货量 $Q_1^* = F_{m,1}^{-1}(CSL_1^*, m\mu_1, \sqrt{m}\sigma_1)$, $ss_1^* = F_s^{-1}(CSL_1^*)\sqrt{m}\sigma_1$ 。

第二阶段: 基于快速反应市场需求, 销售商在每次订货到达并开始销售 1 天后, 根据最新销售数据

对销售预测进行修正, 立即开始第二次订货。对于第 i 次订货 ($i=2,3,\dots$), 订货量 Q_i 加上订货时库存 Q_i^0 覆盖本周期剩余 L 天和下周期 m 天的需求。采用“变周期向前改进”法, 即从订货时刻起, 向前以 $L+m$ 天为一周期, 并以该周期的期望利润最大确定补货-服务策略。由于销售先进先出, 只需讨论新到货可能的销售剩余的库存成本即 $C_o = \beta mh$ 。缺货可能在前 L 天或后 m 天内发生, 考虑到前 L 天发生缺货的后果比后 m 天缺货严重, 我们可根据实际情况核算缺货影响的严重性, 引进“缺货影响严重性因子”, 给这两段时间内已销售产品的单位库存成本赋以不同的权重, 如前 L 天取 $\alpha_1 h$, 后 m 天取 $\alpha_2 h$, 其中 $0 < \alpha_1, \alpha_2 < 1, \alpha_1 + \alpha_2 = 1$, 此时 $C_u = p - c - \left(\frac{1}{2} \alpha_1 hL + \frac{1}{2} \alpha_2 hm \right)$ 。而且随着销售向前推进, 实时核算不同阶段缺货影响的严重性, 据此重新确定缺货影响严重性因子 α_1, α_2 的大小, 已达到根据实际销售情况向前改进缺货成本计算精度的目的。在这种变周期向前改进策略下, 第 i 周期最优可得率 $CSL_i^* = \text{Prob}\{(L+m)x_i \leq Q_i^* + Q_i^0\}$, 因此:

$$CSL_i^* = \frac{p - c - \left(\frac{1}{2} \alpha_1 hL + \frac{1}{2} \alpha_2 hm \right)}{p - c - \left(\frac{1}{2} \alpha_1 hL + \frac{1}{2} \alpha_2 hm \right) + \beta mh} \quad (5)$$

假设第 i 周期预测到的 $L+m$ 天的需求服从 $F_{L+m,i}(\cdot)$, 则最优策略如下:

$$Q_i^* = F_{L+m,i}^{-1}\left(CSL_i^*, (L+m)\mu_i, \sqrt{L+m}\sigma_i\right) - Q_i^0, \quad ss_i^* = F_s^{-1}\left(CSL_i^*\right)\sqrt{L+m}\sigma_i, \quad i = 2, 3, \dots。$$

5. 季节性产品

季节性产品只能在季节内销售, 季末剩余必须处理。对于易腐季节性产品可以其保质期为补货周期, 采用文中“三、易腐产品”的周期盘点策略。对于耐腐季节性产品, 我们采用基于变周期向前改进的三阶段补货-服务策略: 其中, 第一阶段(季节开始前的首次订货)和第二阶段(销售季节结束前的中期阶段), 采用同“四、耐腐产品”的变周期向前改进的两阶段策略。第三阶段, 即季节结束前最后一次订货(第 n 次), 假设此时距季节结束还有 $L+k$ 天 ($k < m$, 即不存在下次补货机会), 订货时库存 Q_n^0 。由于季末剩余必须处理, 在合作模式下有 $C_o = \gamma(c-s) + \beta kh$; 而由于临近季节末期, 缺货在后 k 天发生时影响往往较小, 可根据实际情况核算缺货影响, 引进缺货影响严重性因子, 再次向前改进缺货成本计算精度, 此时 $C_u = p - c - \left(\frac{1}{2} \alpha_3 hL + \frac{1}{2} \alpha_4 hk \right)$, ($0 < \alpha_3, \alpha_4 < 1, \alpha_3 + \alpha_4 = 1$)。最后一周期最优服务水平满足:

$$CSL_n^* = \text{Prob}\{(L+k)x_n \leq Q_n^* + Q_n^0\}, \quad \text{即:}$$

$$CSL_n^* = \frac{p - c - \left(\frac{1}{2} \alpha_3 hL + \frac{1}{2} \alpha_4 hk \right)}{p - c - \left(\frac{1}{2} \alpha_3 hL + \frac{1}{2} \alpha_4 hk \right) + \gamma(c-s) + \beta kh} \quad (6)$$

假设最后一次预测到的 $L+k$ 天的需求服从 $F_{L+k,n}(\cdot)$, 则季末的最优组合策略为:

$$Q_n^* = F_{L+k,n}^{-1}\left(CSL_n^*, (L+k)\mu_n, \sqrt{L+k}\sigma_n\right) - Q_n^0, \quad ss_n^* = F_s^{-1}\left(CSL_n^*\right)\sqrt{L+k}\sigma_n。$$

6. 结论

本文对各种典型产品的补货-服务组合策略的优化问题进行了较系统的分析, 对于现实运作具有一定的理论和现实指导意义。由式(2)及式(4)~(6)容易看出: 合作模式下的最优服务水平, 高于不合作(即 $\beta = \gamma = 1$)时的水平, 即合作刺激销售商提高了服务水平; 而最优订货量关于最优服务水平的分布函数递

增, 因此合作也提高了订货量。由式(2)、(5)还可以看出: 最优产品可得率在销售期大部分时间保持了稳定; 只要需求不发生剧烈变动, 由补货-服务组合策略所确定的补货量也相对稳定, 因此有利于供销双方合作的顺利进行。针对耐腐产品和季节性产品所提出的基于需求和缺货预测改进的变周期向前改进的组合策略, 可根据实际的缺货损害影响程度向前改进缺货成本计算精度, 从而提高了决策精度和实际操作性。

参考文献

- [1] Chopra, S. and Meindl, P. (2001) Supply Chain Management-Strategy, Planning, and Operation. Tsinghua University Publisher, Peking, 183-229. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(99\)00017-1](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(99)00017-1)
- [2] (美)巴罗. 企业物流管理—供应链的规划、组织和控制[M]. 王晓东, 等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2002: 61-82.
- [3] 申成霖, 侯文华, 张新鑫, 卿志琼. 基于信息更新与服务水平约束的供应链订货及协调决策[J]. 中国管理科学, 2012, 20(5): 55-63.
- [4] 申成霖, 张新鑫, 卿志琼. 服务水平约束下基于顾客策略性退货的供应链契约协调研究[J]. 中国管理科学, 2010, 18(4): 56-64.
- [5] Khouja, M. (1999) The Single-Period (News-Vendor) Problem. Literature Review and Suggestion for Future Research. *Omega*, 27, 537-553.
- [6] 徐晓燕, 李四杰. 单周期产品两层供应链的合作行为分析[J]. 系统工程学报, 2005(5): 478-484.
- [7] Zhao, W. and Zheng, Y.-S. (2002) Optimal Dynamic Pricing for Perishable Assets with Non-Homogeneous Demand. *Management Science*, 4, 999-1020.
- [8] Chun, Y.H. (2003) Optimal Pricing and Ordering Policies for Perishable Commodities. *European Journal of Operational Research*, 144, 68-82. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00351-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00351-4)

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7908, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ssem@hanspub.org