

文章编号: 1000-5862(2017)03-0285-04

# 基于损失厌恶零售商的期权订购策略研究

李建军 张冬梅

(江西师范大学数学与信息科学学院 江西 南昌 330022)

**摘要:** 基于前景理论,引入期权合同工具,建立损失厌恶零售商期权订购模型,以最大化期望利润为目标,证明其最大期望利润及最优期权订购量都是存在且唯一的,并对损失厌恶零售商期权订购量与损失厌恶系数、零售价格等之间的关系进行分析. 研究表明: 期权订购量随损失厌恶系数、零售价格的增大可能增大也可能减少,随产品单位残值的增大而增大,随期权单位成本的增大而减少.

**关键词:** 期权; 损失厌恶; 订购量; 决策

**中图分类号:** F 252 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2017.03.14

## 0 引言

传统报童模型研究通常假设决策者为风险中性者,期望成本最小化或期望利润最大化是决策目标,但现实情况并非如此.在现实中,大多决策者往往厌恶或设法规避风险和损失.近年来,为刻画供应链决策主体的预期收益和风险,有不少学者不再利用期望值,而是选用期望效用函数<sup>[1-3]</sup>、均值-方差<sup>[4-5]</sup>、均值-半方差<sup>[6]</sup>、CVaR(条件风险值)<sup>[7-8]</sup>等作为决策目标进行研究.研究所得的结论相对于期望值理论所得出的结论有所改善,一定程度上弥补了期望值理论的不足.

上述研究并不能解释供应链决策问题中的所有现象,于是,部分学者利用前景理论<sup>[9]</sup>描述供应链成员如何决策.前景理论认为,当决策者存在损失厌恶心理,且与决策参考点相比是损失时,同样数量的损失所带来痛苦程度相比同样数量的收益所带来的愉悦程度更大,即决策者表现为对损失的厌恶特性.

M. Schweitzer 等<sup>[10]</sup>借助报童模型进行实证研究并发现,在没有缺货惩罚的情况下,损失厌恶者的订购数量严格小于风险中性者的订购数量,而且小于程度会随着厌恶程度增加而增大.文献[11]在文献[10]的基础上引入缺货惩罚成本,进行了更加细化的研究.文献[12-13]研究了有损失厌恶偏好并按订单生产(make-to-order)的企业的采购决策问题,他们都得出与文献[10]类似的结论.文献[14]进一

步对发生在多个损失厌恶型零售商之间的竞争性报童问题进行了研究,具体分析了零售商的总订货量如何受损失厌恶效应(loss aversion effect)和窃取效应(demand-stealing effect)的影响.林志炳等<sup>[15]</sup>研究了在分散供应链系统中,损失厌恶型决策主体的最优订购策略,揭示了零售商最优订货量如何受损失厌恶特性的影响,并建立了收益共享契约参数与决策者目标之间的函数关系.刘衍等<sup>[16]</sup>针对零售商销售成本信息不对称的情况,设计了一种风险中性供应商和损失厌恶型零售商之间的价格补贴契约;同时,刘衍等<sup>[17]</sup>针对存在缺货损失的情况,设计了风险中性供应商和损失厌恶型零售商之间的供应链价格补贴契约.柳键等<sup>[18]</sup>在随机需求情形下考虑缺货损失,得到损失厌恶零售商订货量优化模型.周永务等<sup>[19]</sup>针对实际的决策偏差,基于损失规避效用函数建立了联合决策模型;李绩才等<sup>[20]</sup>基于2阶段的供应链系统,构建了下游损失厌恶型零售商之间的收益共享契约协调模型.

运用合同和期权工具对供应链风险管理的研究开始逐步深入. R. Ganeshan 等<sup>[21]</sup>结合风险管理工具,研究了多周期订货问题,构建了满足成本最小化的2个周期内期权和现货最优订购量模型. T. Avinadav 等<sup>[22]</sup>运用契约机制对供应链风险管理进行了研究. Liang Liang 等<sup>[23]</sup>将期权合同运用到救济物资的供应链管理中,得出了通过2阶段物资递送期权合同能够提高救济物资供应链效率的结论.胡本勇等<sup>[24]</sup>建立了2级供应链期权销量担保契约模型,分

收稿日期: 2016-11-22

基金项目: 国家自然科学基金(61563020)和江西省教育厅科学技术课题(GJJ14232)资助项目.

作者简介: 李建军(1975-)男,江西新余人,副教授,博士,从事物流与供应链管理、模糊系统研究. E-mail: lj1205@126.com

析了努力水平对供应链协调造成的影响,提出了基于期望损失的期权定价方法.王婧等<sup>[25]</sup>从批发商角度,引入期权合同工具,针对流通过程中生鲜农产品的巨大损耗,研究了2阶段单周期供应链的最优订货策略.同时,王冲等<sup>[26]</sup>运用 Stackelberg 模型,针对农产品的特性,研究供应商和零售商组成的2阶段单周期供应链的定价和协调策略.覃艳华等<sup>[27]</sup>考虑由一个制造商和一个零售商组成的2级供应链,在随机性市场需求下,首先分析了期权契约对供应链的协调作用,然后探讨了期权契约对突发事件的协调作用.但是,上述研究均未考虑损失厌恶心理对期权订货决策的影响.

本文考虑了零售商可能存在损失厌恶心理,研究了缺货损失对最优期权订购决策产生的影响,以及相关参数对期权订购量的影响.

## 1 模型分析

本文在基于单个损失厌恶零售商的前提下,假设  $d$  为随机市场需求,  $f(x)$  为其概率密度函数,  $F(x)$  为分布函数,  $\mu$  为均值,  $\sigma^2$  为方差,  $p$  为零售价格,  $w$  为期权单位执行价格,  $e$  为期权单位成本,  $v$  为期末剩余产品的单位残值,  $q$  为向上游采购的订购量,  $g$  为期末单位缺货损失,  $\lambda$  为零售商损失厌恶系数.基于理性,假设  $p > w + e$  是保证零售商购买期权合同并且获利.

根据假设,可以得到零售商利润为

$$\Pi = p \min \{d, q\} - g [d - q]^+ + v [q - d]^+ - wq - eq = \begin{cases} pd + v(q - d) - eq - wq, & d < q, \\ pq - g(d - q) - eq - wq, & q < d. \end{cases}$$

由于考虑损失厌恶,因此,在讨论零售商的期望效用时分2种情况.

(i) 当  $d < q$  时,零售商利润为  $\Pi_1 = pd + v(q - d) - eq - wq$ . 令  $\Pi_1 = 0$ , 则可得需求的盈亏均衡点为  $d_1 = (e + w - v)q / (p - v)$ . 即当需求量为  $(e + w - v)q / (p - v)$  时,零售商的利润为0; 当需求量  $d \in [0, d_1]$  时,零售商亏损; 当需求量  $d \in [d_1, q]$  时,零售商获利. 因此,零售商的期望效用值为

$$U(\Pi_1) = \lambda \int_0^{d_1} \Pi_1 f(x) dx + \int_{d_1}^q \Pi_1 f(x) dx.$$

(ii) 当  $q < d$  时,零售商利润为  $\Pi_2 = pq - g(d - q) - eq - wq$ . 类似于(i)可知,零售商的期望效用值为

$$U(\Pi_2) = \int_q^{d_2} \Pi_2 f(x) dx + \lambda \int_{d_2}^\infty \Pi_2 f(x) dx.$$

综合2种情况,得到零售商的期望效用值为

$$U(\Pi) = U(\Pi_1) + U(\Pi_2) = (\lambda - 1) \cdot \left( \int_0^{d_1} \Pi_1 f(x) dx + \int_{d_2}^\infty \Pi_2 f(x) dx \right) + \int_0^q \Pi_1 \cdot f(x) dx + \int_q^\infty \Pi_2 f(x) dx, \quad (1)$$

将(1)式对  $q$  求1阶导数和2阶导数,得到

$$\begin{aligned} \partial U(\Pi) / \partial q &= (\lambda - 1) \left[ (v - e - w) \int_0^{d_1} f(x) dx + (p + g - e - w) + (p + g - e - w) \int_{d_2}^\infty f(x) dx \right] + \\ &+ (p - v) q f(q) + (v - e - w) \int_0^q f(x) dx + \\ &+ (v - e - w) q f(q) + (p + g - e - w) \int_q^\infty f(x) dx - \\ &+ (p + g - e - w) q f(q) + g q f(q), \quad (2) \end{aligned}$$

$\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2 = -(\lambda - 1) [f((e + w - v)q / (p - v)) (e + w - v)^2 / (p - v) + f((p + g - e - w)q / g) (p + g - e - w)^2 / g] - (p + g - v) f(q)$ , 由于  $p + g - v > 0$ ,  $\lambda > 1$ , 因此  $\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2 < 0$ . 令  $\partial U(\Pi) / \partial q = 0$ , 由(2)式得

$$\begin{aligned} &(\lambda - 1) \left[ (v - e - w) \int_0^{d_1} f(x) dx + (p + g - e - w) + (p + g - e - w) \int_{d_2}^\infty f(x) dx \right] + \\ &+ (p + g - e - w) - (p + g - v) \int_0^q f(x) dx = 0, \quad (3) \end{aligned}$$

对(3)式进行求解可得零售商的最优期权订购量  $q^*$ .

**定理1** 当  $(p + g - e - w) F(d_2^*) + (w + e - v) F(d_1^*) < p + g - e - w$  时,零售商最优期权订购量  $q^*$  随着损失厌恶系数  $\lambda$  的增大而增大; 当  $(p + g - e - w) F(d_2^*) + (w + e - v) F(d_1^*) > p + g - e - w$  时,零售商最优期权订购量  $q^*$  随着损失厌恶系数  $\lambda$  的增大而减少.

证 由(2)式和隐函数求导可得

$$\partial q^* / \partial \lambda = - \left[ (p + g - e - w) - (p + g - e - w) F(d_2^*) - (w + e - v) F(d_1^*) \right] / (\partial^2 U(\Pi) / \partial q^{*2}).$$

由于  $\partial^2 U(\Pi) / \partial q^{*2} < 0$ , 所以, 当  $(p + g - e - w) F(d_2^*) + (w + e - v) F(d_1^*) < p + g - e - w$  时,  $\partial q^* / \partial \lambda > 0$ ,  $q^*$  随着  $\lambda$  的增大而增大; 当  $(p + g - e - w) F(d_2^*) + (w + e - v) F(d_1^*) > p + g - e - w$  时,  $\partial q^* / \partial \lambda < 0$ ,  $q^*$  随着  $\lambda$  的增大而减小.

**定理2** 当  $d_2^* f(d_2^*) - F(d_2^*) < (w + e - v)^2 q^* f(d_1^*) / (p - v)^2 + [1 - F(q^*)] / (\lambda - 1)$  时,零售商最优期权订购量  $q^*$  随着零售价格  $p$  的增大而增大; 当  $d_2^* f(d_2^*) - F(d_2^*) > (w + e - v)^2 q^* f(d_1^*) / (p - v)^2 + [1 - F(q^*)] / (\lambda - 1)$  时,零售商最优期权订购量  $q^*$  随着零售价格  $p$  的增大而减少.

证 由(2)式和隐函数求导可得

$$\partial q^* / \partial p = \{ (\lambda - 1) d_2^* f(d_2^*) + (\lambda - 1) [1 - F(d_2^*)] - (\lambda - 1) [f(d_1^*) q^* (e + w - v)^2 / (p - v)^2 + 1] - \int_q^\infty f(x) dx \} / (\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2),$$

因为  $\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2 < 0$  所以, 当  $d_2^* f(d_2^*) - F(d_2^*) < f(d_1^*) q^* (e + w - v)^2 / (p - v)^2 + [1 - F(q^*)] / (\lambda - 1)$  时,  $\partial q^* / \partial p > 0$ , 即零售商最优期权订购量随着零售价格的增大而增大; 当  $d_2^* f(d_2^*) - F(d_2^*) > f(d_1^*) q^* (e + w - v)^2 / (p - v)^2 + [1 - F(q^*)] / (\lambda - 1)$  时,  $\partial q^* / \partial p < 0$ , 零售商最优期权订购量随着零售价格的增大而减少。

**定理3** 零售商最优期权订购量  $q^*$  随着产品单位残值  $v$  的增大而增大。

证 由(2)式和隐函数求导可得

$$\partial q^* / \partial v = [ -(\lambda - 1) f(d_1^*) (e + w - v)^2 q^* / (p - v)^2 - (\lambda - 1) \int_0^{d_1} f(x) dx - \int_0^q f(x) dx ] / (\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2).$$

因为  $\lambda \geq 1$ ,  $\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2 < 0$ , 所以  $\partial q^* / \partial v > 0$ , 即零售商最优期权订购量  $q^*$  随着产品的单位残值  $v$  增大而增大。

**定理4** 当  $F(d_1^*) + f(d_1^*) d_1^* < F(d_2^*) + f(d_2^*) d_2^* - (2\lambda - 1) / (\lambda - 1)$  时, 零售商最优期权订购量  $q^*$  随期权单位成本  $e$  的增大而增大; 当  $F(d_1^*) + f(d_1^*) d_1^* > F(d_2^*) + f(d_2^*) d_2^* - (2\lambda - 1) / (\lambda - 1)$  时, 零售商最优期权订购量  $q^*$  随期权单位成本  $e$  的增大而减少。

证 由(2)式和隐函数求导可得

$$\partial q^* / \partial e = \{ (\lambda - 1) [F(d_1^*) + f(d_1^*) d_1^* - F(d_2^*) - f(d_2^*) d_2^* + 2] + 1 \} / (\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2).$$

因为  $\lambda \geq 1$ ,  $\partial^2 U(\Pi) / \partial q^2 < 0$  所以, 当  $F(d_1^*) + f(d_1^*) d_1^* < F(d_2^*) + f(d_2^*) d_2^* - (2\lambda - 1) / (\lambda - 1)$  时,  $\partial q^* / \partial e > 0$ , 即  $q^*$  随  $e$  的增大而增大; 当  $F(d_1^*) + f(d_1^*) d_1^* > F(d_2^*) + f(d_2^*) d_2^* - (2\lambda - 1) / (\lambda - 1)$  时,  $\partial q^* / \partial e < 0$ , 即  $q^*$  随着  $e$  的增大而减少。

## 2 结论

基于前景理论, 以损失厌恶零售商为研究对象, 本文对其期权订购量决策进行了分析, 相比现有文献的研究, 考虑了缺货损失因素对订货决策的影响, 并得出了如下有意义的结论: 与风险中性条件下期权订购量随零售价格递增、随采购价格递减的结果

不同, 在损失厌恶条件下的研究表明, 期权订购量并非仅受零售价格影响, 且还受损失厌恶系数、期权单位成本、单位残值等的影响。期权订购量随损失厌恶系数、零售价格的增大其值可能增大, 也可能减少; 随产品单位残值的增大而增大, 随期权单位成本的增大而减少。

## 3 参考文献

- [1] Eeckhoudt L, Gollier C, Schlesinger H. The risk-averse (and prudent) newsboy [J]. *Management Science*, 1995, 41(5): 786-794.
- [2] Agrawal V, Seshadri S. Impact of uncertainty and risk aversion on price and order quantity in the newsvendor problem [J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2000, 2(4): 410-423.
- [3] Fabian Herweg. The expectation-based loss-averse newsvendor [J]. *Economics Letters*, 2013, 120(3): 429-432.
- [4] Choi T M, Li Duan, Yan Houmin. Mean-variance analysis for the newsvendor problem [J]. *Systems, Man and Cybernetic, Part A: Systems and Humans IEEE Transactions on*, 2008, 38(5): 1169-1180.
- [5] Wu Jun, Li Jian, Wang Shouyang. Mean-variance analysis of the newsvendor model with stockout cost [J]. *Omega*, 2009, 37(3): 724-730.
- [6] 杨建奎, 周清, 杨磊. 报童模型的利润与万损风险平衡分析 [J]. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(3): 100-105.
- [7] Chen Youhua, Xu Minghui, Zhang Zhe George. Technical note: A risk-averse newsvendor model under the CVaR criterion [J]. *Operations Research*, 2009, 57(4): 1040-1044.
- [8] Yang Lei, Xu Minghui, Yu Gang. Supply chain coordination with CVaR criterion [J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2009, 26(1): 135-160.
- [9] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk [J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1979, 47(2): 263-291.
- [10] Schweitzer M, Cachon G. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence [J]. *Management Science*, 2000, 46(3): 404-420.
- [11] Wang Charles X, Webster S. The loss-averse newsvendor problem [J]. *Omega*, 2009, 37(1): 93-105.
- [12] Matzke A, Volling T, Spengler T S. Upgrade auctions in build-to-order manufacturing with loss-averse customers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 250

- (2): 470-479.
- [13] 沈厚才,徐进,庞湛. 损失规避偏好下的定制件采购决策分析 [J]. 管理科学学报, 2004, 7(6): 37-45.
- [14] Wang Charles X. The loss-averse newsvendor game [J]. International Journal of Production Economic, 2010, 124(2): 448-452.
- [15] 林志炳,蔡晨,许保光. 损失厌恶下的供应链收益共享契约研究 [J]. 管理科学学报, 2010, 13(8): 33-41.
- [16] 刘衍,潘景铭,唐小我. 基于损失厌恶型零售商的易逝品供应链价格补贴契约研究 [J]. 控制与决策, 2010, 25(8): 1149-1154.
- [17] 刘衍,潘景铭,唐小我. 信息不对称时有损失厌恶型零售商参与的价格补贴契约设计 [J]. 控制与决策, 2011, 26(1): 111-119.
- [18] 柳键,邱国斌,黄健. 考虑缺货损失情形下损失厌恶零售商的订货决策 [J]. 控制与决策, 2012, 27(8): 1195-1200.
- [19] 周永务,肖旦,李绩才. 损失规避零售商订货量与广告费用的联合决策 [J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(8): 1727-1738.
- [20] 李绩才,周永务,肖旦,等. 考虑损失厌恶一对多型供应链的收益共享契约 [J]. 管理科学学报, 2013, 16(2): 71-82.
- [21] Ganeshan R, Boone T, Aggarwal P. Optimal procurement portfolios when using B2Bs: A model and analysis [J]. International Journal of Production Economics, 2009, 118(1): 146-151.
- [22] Avinadav T, Chernonog T, Perlman Y. The effect of risk sensitivity on a supply chain of mobile applications under a consignment contract with revenue sharing and quality investment [J]. International Journal of Production Economics, 2015, 168(10): 31-40.
- [23] Liang Liang, Wang Xihui, Gao Jianguo. An option contract pricing model of relief material supply chain [J]. OMEGA-International Journal of Management Science, 2012, 40(5): 594-600.
- [24] 胡本勇,雷东,陈旭. 基于收益共享与努力成本共担的供应链期权销量担保契约 [J]. 管理工程学报, 2010, 24(3): 33-38.
- [25] 王婧,陈旭. 考虑期权合同的生鲜农产品批发商的最优订货 [J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(12): 2137-2144.
- [26] 王冲,陈旭. 考虑期权合同的生鲜农产品供应链定价和协调 [J]. 预测, 2013, 32(3): 76-81.
- [27] 覃艳华,曹细玉. 供应链应对突发事件的期权契约模型研究 [J]. 预测, 2012, 31(1): 60-64.

## The Research on Optimal Options Contracts Procurement Decisions with a Loss-Averse Retailer

LI Jianjun, ZHANG Dongmei

(College of Mathematics of Informatics, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330022, China)

**Abstract:** Based on prospect theory, maximizing the profit model with options contracts, the optimal order quantity model for loss-averse retailer is constructed, and then it is proved that each optimal ordering quantity and the maximum profit is existent and unique. Relationships of loss-averse retailer's order quantity with loss-averse coefficient, retail price and so on are analyzed. The conclusions show that order quantity increases or decreases with loss-averse coefficient, retail price increasing, increases with unit salvage value increasing, but decreases with options cost increasing.

**Key words:** options; loss-averse; ordering quantity; decision

(责任编辑: 曾剑锋)