

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2022.06.023

考虑损失规避的生鲜品商超保鲜努力和定价的优化决策

潘晓飞¹, 解志恒², 王淑云³

(1. 山东外事职业大学 管理学院, 山东 威海 264504; 2. 烟台国丰投资控股集团有限公司, 山东 烟台 264003;
3. 烟台大学 经济管理学院, 山东 烟台 264005)

摘要: 为了研究损失规避下商超保鲜努力水平、订货量和零售价格的优化决策, 将生鲜品的市场需求视为零售价格和商超保鲜努力水平和随机因素的加法函数, 首先构建了风险中性下生鲜品商超的期望利润模型。然后, 基于前景理论, 考虑商超的损失规避性, 构建了商超的期望效用最大化模型。运用 MATLAB 编程对商超保鲜努力水平、订货量和零售价格的优化决策进行了规划求解。以某商超的苹果销售为例, 将随机因子视为均匀分布, 分析了风险中性和风险规避对决策变量和期望利润/效用的影响。结果表明: 考虑损失规避时, 商超会减少订货量、提高销售价格、降低保鲜努力水平, 其结果势必会降低期望效用; 消费者保鲜努力敏感系数上升会导致商超保鲜努力水平和利润的提升, 即消费者对新鲜度越敏感, 商超越要强化保鲜投入, 进而提高保鲜努力水平; 保鲜努力水平的提升, 会带来销售量的增加和价格的提升, 进而带来利润的增加; 消费者价格敏感系数的上升导致零售价格、保鲜努力水平和利润的降低, 即消费者对价格越敏感, 商超越应该降低价格、降低保鲜努力水平; 保鲜努力水平的降低导致销售量的减少, 进而带来利润的下降; 商超损失规避系数的上升导致订货量下降、销售价格上升和保鲜努力水平下降, 进而导致期望效用的下降。
关键词: 运输经济; 保鲜努力; 定价; 损失规避; 商超

中图分类号: F274

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2022) 06-0177-09

Optimization Decision of Freshness-keeping Effort and Pricing for Fresh Products Supermarket Considering Loss Aversion

PAN Xiao-fei¹, XIE Zhi-heng², WANG Shu-yun³

(1. School of Management, Shandong Vocational University of Foreign Affairs, Weihai Shandong 264504, China;
2. Yantai Guofeng Investment Holdings Group Co., Ltd., Yantai Shandong 264003, China;
3. School of Economics and Management, Yantai University, Yantai Shandong 264005, China)

Abstract: For the sake of studying the optimization decision of supermarket fresh-keeping effort level, order quantity and retail price under loss avoidance, the market demand of fresh products is regarded as the addition function of retail price, supermarket fresh-keeping effort level and random factors. First, the expected profit model of supermarket of fresh products under risk neutrality is constructed. Then, considering loss aversion of supermarket, the expected utility maximization model of supermarket is constructed based on foreground theory. The optimization decision of supermarket fresh-keeping effort level, order quantity and retail price are planned and solved by using MATLAB programming. Taking apple sales in a supermarket for example and treating random factors as uniformly distributed, the influences of risk neutrality and risk aversion on the decision variables and expected profit/utility are analyzed. The result shows that (1)

收稿日期: 2021-08-03

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71672166, 72072054); 山东省重点研发计划 (软科学项目) (2021RKY06102); 山东省艺术科学重点课题项目 (L2021C10290132)

作者简介: 潘晓飞 (1989-), 男, 山东平度人, 硕士. (pxfsport@163.com)

considering the loss avoidance, supermarket will reduce the order quantity, improve the sales price and reduce the level of fresh-keeping effort, resulting in reduce the expected utility; (2) the rising of sensitivity coefficient of consumers' fresh-keeping effort will lead to the improvement of supermarket fresh-keeping effort level and profit, i. e., the more sensitive consumers are to the freshness, the more supermarket should strengthen the investment in fresh-keeping, and then improve the level of fresh-keeping effort; (3) the improvement of the level of fresh-keeping effort will bring about the increases in sales and prices, which in turn will lead to an increase in profits; (4) the increase in the consumer price sensitivity coefficient leads to the decrease in retail price, fresh-keeping effort and profit, i. e., the more price-sensitive consumers are, the more supermarket should reduce price and its effort to preserve freshness; (5) the decrease of fresh-keeping effort results in the decrease of sales quantity and profit; (6) the rise of the loss avoidance coefficient of supermarket leads to the decline of order quantity, the rise of sales price and the decline of fresh-keeping effort, therefore give rise to the decrease of expectation effect.

Key words: transport economics; freshness-keeping effort; pricing; loss aversion; supermarket

0 引言

随着人们生活水平的提高,人们对生鲜品的需求日趋旺盛,且对品质和新鲜度的要求越来越高。商超不仅购物环境舒适,且通常对生鲜果蔬的销售采取保鲜措施。于是,越来越多的人走进商超购买新鲜果蔬。由于保持产品的新鲜度不仅可以保障产品的卖相,而且有利于产品销售。这样,为了保障产品的新鲜度和售价,商超或分销商就乐于对生鲜农产品进行保鲜努力投入。Yu等^[1]将需求视为价格和新鲜度的函数,新鲜度又视为服务水平的函数,研究了生鲜品物流外包三级供应链的定价和服务水平优化决策。杨磊等^[2]认为市场需求依赖零售商的努力水平,供应商在预知零售商最优定价的条件下确定最优批发价。曹裕^[3]将消费者效用视为价格和新鲜度的函数,研究了生鲜农产品供应链生鲜度的激励机制。Song^[4]将需求视为价格和新鲜度的函数,新鲜度又是保鲜努力的线性函数,研究了生鲜农产品供应链的三级协调。张艳,王淑云等^[5-6]将需求视为价格的减函数和新鲜度的增函数,研究了不同权力结构下生鲜品供应链的优化定价和保鲜努力决策。以上研究没有考虑不确定性因素对需求的影响。事实上,天气变化、节假日、促销等随机因素都会对需求产生影响。Cai等^[7]将需求视为价格、新鲜度和随机因素的乘法函数,将新鲜度视为外生变量,构建了由1个生产商、1个第三方物流提供商和1个分销商组成的三级供应链的优化决策。吴庆,冯颖等^[8-9]在传统交易价格合同下,与Cai等的需求假设相同,将保鲜努力水平和物流服务价格视为内生变量,研究了第三方物流主导的生鲜农产品两级供应

链的优化协调。此外,Yan等^[10]将需求视为价格、保鲜努力和随机因素的加法函数研究了物联网下生鲜农产品供应链的优化决策,郑宇婷等^[11]分别研究了保鲜努力外生、零售价格外生和订货数量外生的不确定需求下的冷链分销商最优决策。同样地,王淑云等^[12-13]考虑了需求的不确定性,以加法形式,运用回购补偿和数量弹性契约协调机制实现了生鲜品供应链的合作双赢。以上文献都是基于风险中性研究商超/分销商或供应链的生鲜品定价、保鲜努力水平的优化决策或协调优化,没有考虑风险规避性。柳键^[14]等构建了损失规避型零售商的订购量优化模型,并分析了购买量与损失规避系数和零售价格之间的关系。但研究中将价格视为外生变量,并不影响消费需求。张鹏等^[15]在加法需求和乘法需求情形下分别研究了损失规避零售商的最优订货与定价联合决策问题。该研究考虑的是一般商品,所以没有涉及保鲜努力。许民利等^[16]将需求视为努力水平的函数,分别以加法形式和乘法形式研究了商超风险规避的供应链协调与优化模型。研究中将价格视为外生变量。对于生鲜果蔬的采购,显然,价格和新鲜度都会影响消费需求,因此,本研究在前期研究的基础上,把需求视为价格、保鲜努力和随机因素的加法函数,考虑商超的风险规避,对商超购买数量、零售价格和保鲜努力的优化决策进行建模和灵敏度分析,以期对商超的生鲜品销售决策提供借鉴。

1 问题描述和研究假设

1.1 问题描述和符号含义

苹果等生鲜农产品,如果保鲜环境适宜,如在 $1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,在92%~95%的湿度范围

内贮藏和销售, 400 kg 的苹果其新鲜度可以保持一年左右, 且其重量损失不会超过 0.5 kg (Ma 等)^[17]。也就是说, 苹果这类生鲜农产品在适当的保鲜努力下, 其损失可以忽略不计。因此, 如果将苹果直接从当地冷库运到当地商超销售, 商超采取保鲜措施, 就既可以保障产品品质, 又可以避免数量损耗。

因此, 借鉴文献^[7,10-11], 把需求视为保鲜努力和价格以及随机因素的加法函数^[18], 考虑商超的损失规避性, 对商超保鲜努力和定价的联合决策进行研究。相关参数及含义如表 1 所示。

表 1 参数符号及含义

Tab. 1 Symbols and meanings of parameters

符号	含义	符号	含义
a	基础市场需求, 且 $a > 0$	e	商超保鲜努力水平, 且 $e > 0$
b	消费者价格敏感系数, 且 $b > 0$	r	消费者保鲜努力敏感系数, 且 $r > 0$
w	批发价格	k	商超保鲜投入成本系数, 且 $k > 0$
p	生鲜品的零售价格	λ	商超风险规避系数, 且 $\lambda > 0$
q	商超采购数量	π_1	商超利润为正
s	剩余产品残值, 且 $s > 0$	π_2	商超利润为负
A	均匀分布端点	π_r	商超利润
U	效用, 且 $U > 0$	EU	期望总效用, $EU > 0$

1.2 研究假设

假设 1: 借鉴郑宇婷等^[11]的研究成果, 将生鲜品的市场需求视为零售价格和商超保鲜努力水平和随机因素的函数, 市场需求 $D = d(p, e) + \varepsilon = a - bp + re + \varepsilon$ 。 ε 服从均匀分布; $f(\varepsilon)$ 为概率密度函数; $F(\varepsilon)$ 为累积分布函数。

假设 2: 采用 Yu 等^[1]的保鲜努力成本表示法, 将商超保鲜投入成本函数表示为 $c(e) = ke^2/2$ 。

假设 3: 期望效用为价格、保鲜努力和销售量的函数。

假设 4: 商超存在风险规避行为, 风险规避系数为 λ , 且 $\lambda \geq 1$ 。

假设 5: 剩余产品残值为 s , 不考虑缺货情况。

2 模型构建

2.1 不考虑损失规避情况下商超的期望利润模型

本研究考虑商超的损失规避性, 构建商超的零售价格、订购量和保鲜努力水平共同影响期望效用

的生鲜品商超优化决策模型, 旨在就损失规避情形下对商超订购数量、零售价格和保鲜努力水平进行优化决策, 并通过灵敏度分析进一步明晰相关参数对损失规避型商超决策的影响。 $E[\min(q, x)]$ 为期望销售量的最低值。

商超的期望销售量为:

$$\begin{aligned}
 S(p, q, e) &= E[\min(q, x)] = \\
 &= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x - d(p, e))dx = \\
 &= \int_0^q xf(x - d(p, e))dx + q \cdot \int_q^{+\infty} f(x - d(p, e))dx = \\
 &= q - \int_{d(p, e)}^q F(x - d(p, e))dx = q - \int_0^{q-d(p, e)} F(\varepsilon)d\varepsilon。
 \end{aligned} \tag{1}$$

剩余库存量为:

$$I_q = q - S(p, q, e) = \int_0^{q-d(p, e)} F(\varepsilon)d\varepsilon。 \tag{2}$$

商超期望收益函数为:

$$\begin{aligned}
 E\pi &= pS(p, q, e) - wq + s(q - S_q) - ke^2/2 = \\
 &= p(q - \int_0^{q-d(p, e)} F(\varepsilon)d\varepsilon) - wq + \\
 &= s \int_0^{q-d(p, e)} F(\varepsilon)d\varepsilon - ke^2/2。
 \end{aligned} \tag{3}$$

损失规避模型描述了决策者对于损失的厌恶程度, 面对同样数量的收益和损失时, 决策者认为损失带来的负效用要大于收益带来的正效用, 通常这种损失厌恶的负效用用实际损失的倍数表示。所以文中引入风险规避系数 λ 以衡量决策者对风险的厌恶程度。使用损失规避模型:

$$\pi(p, q, e) = \begin{cases} pD - wq + s(q - D), & D < q \\ (p - w)q, & D > q \end{cases}。 \tag{4}$$

令 $pD - wq + s(D - q) = 0$, 则 $D_1 = \frac{(w-s)q}{p-s}$, 若 $D \in [0, D_1]$, 则商超的收益为负, 若 $D \in [D_1, q]$, 商超的收益为正。

商超期望效用函数表示为 ($\lambda \geq 1$):

$$U(\pi) = \begin{cases} \pi, & \text{若 } \pi > 0 \\ \lambda\pi, & \text{若 } \pi < 0 \end{cases}, \tag{5}$$

式 (5) 可以表示为:

$$EU(\pi(p, q, e)) = E(\pi_1) + \lambda E(\pi_2) = E(\pi) + (\lambda - 1)E(\pi_2),$$

$$EU(\pi(p, q, e)) = pS_q - wq + s(q - S_q) - ke^2/2 + (\lambda - 1) \int_0^{D_1 - d_{(p, e)}} [pD - wq + s(D - q)] f(\varepsilon) d\varepsilon =$$

$$(p - w)q - (p - s) \int_0^{q - (a - bp + re)} F(\varepsilon) d\varepsilon - ke^2/2 + (\lambda - 1) F(D_1 - d_{(p, e)}) \{ (p - w)d_{(p, e)} + (p - s) [D_1 - d_{(p, e)}] - (w - s)(q - a + bp - re) \} - (\lambda - 1)(p - s) \int_0^{D_1 - d_{(p, e)}} F(\varepsilon) d\varepsilon. \quad (6)$$

将 $D_1 = \frac{(w-s)q}{p-s}$ 代入式 (6) 可以得到:

$$EU(\pi(p, q, e)) = (p - w)q - (p - s) \int_0^{q - (a - bp + re)} F(\varepsilon) d\varepsilon - ke^2/2 - (\lambda - 1)(p - s) \int_0^{D_1 - d_{(p, e)}} F(\varepsilon) d\varepsilon. \quad (7)$$

式 (7) 对 q 求偏导数运算, 得到一阶偏导数式 (8) 和二阶偏导数式 (9):

$$\frac{\partial EU}{\partial q} = (p - w) - \frac{(p - s)(q - a + bp - re + A)}{2A} - \frac{(\lambda - 1)(w - s)[(w - s)q - (a - bp + re - A)(p - s)]}{2A(p - s)}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 EU}{\partial q^2} = -\frac{(p - s)}{2A} - \frac{(\lambda - 1)(w - s)^2}{2A(p - s)} < 0. \quad (9)$$

式 (7) 对 p 求偏导数运算, 得到一阶偏导数式 (10) 和二阶偏导数式 (11):

$$\frac{\partial EU}{\partial p} = q - \frac{(q - a + bp - re)^2 - \lambda + 1}{4A} - \frac{(q - a + bp - re) + b(p - s)(q - a + bp - re + A)}{2} - \frac{(\lambda - 1)\{[(w - s)q - (p - s)(a - bp + re + 1)]^2 - 2[(w - s)q - (p - s)(a - bp + re - A)][b(p - s)^2 - (w - s)q]\}}{4A(p - s)^2}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 EU}{\partial p^2} = -2bF(q - a + bp - re) - b^2(p - s)f(q - a + bp - re) - 2b(\lambda - 1)F\left(b - \frac{(w - s)q}{(p - s)^2}\right) - (\lambda - 1)f(D_1 - d_{(p, e)}) \frac{[b(p - s)^2 + (w - s)q]^2}{(p - s)^3} < 0. \quad (11)$$

式 (7) 对 e 求偏导数运算, 得到一阶偏导数式 (12) 和二阶偏导数式 (13):

$$\frac{\partial EU}{\partial e} = \frac{r(p - s)(q - a + bp - re + A)}{2A} + \frac{r(\lambda - 1)[(w - s)q - (a - bp + re - A)(p - s)]}{2A(p - s)} - ke, \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 EU}{\partial e^2} = -\frac{\lambda(p - s)r^2}{2A} - k < 0. \quad (13)$$

由于二阶导数式 (9)、(11)、(13) 都小于 0, 所以存在最优解。令一阶导数都等于零, 得联立方程组:

$$\begin{cases} (p - w) - (p - s) \frac{q - a + bp - re + A}{2A} - \frac{(\lambda - 1)(w - s)[(w - s)q - (a - bp + re - A)(p - s)]}{2A(p - s)} = 0 \\ q - \frac{(q - a + bp - re)^2 - \lambda + 1}{4A} - \frac{(q - a + bp - re) + b(p - s)(q - a + bp - re + A)}{2} - \frac{(\lambda - 1)\{[(w - s)q - (p - s)(a - bp + re + 1)]^2 - 2[(w - s)q - (p - s)(a - bp + re - A)][b(p - s)^2 - (w - s)q]\}}{4A(p - s)^2} = 0 \\ \frac{r(p - s)(q - a + bp - re + A)}{2A} + \frac{r(\lambda - 1)[(w - s)q - (a - bp + re - A)(p - s)]}{2A(p - s)} - ke = 0 \end{cases} \quad (14)$$

通过 MATLAB 可以对方程组进行求解。

3 算例及敏感性分析

3.1 算例及优化结果

本研究以某商超销售苹果为例, 商超从冷库进货, 苹果进入商超后, 采取保鲜措施。苹果在

某地区的潜在市场需求为 150 单位, 市场需求的价格敏感因子为 3, 保鲜努力敏感因子为 1.2, 批发价格为 10, 残值为 3, 保鲜努力水平成本敏感因子为 25, 损失规避系数为 1.2, 随机因子服从区间 $[-5, 5]$ 的均匀分布。相关参数如表 2 所示。

表 2 相关参数值

Tab. 2 Related parameter values

a /件	b	r	w /(元·件 ⁻¹)	s /(元·件 ⁻¹)	k	A
150	3	1.2	10	3	25	5

通过 MATLAB 编程, 得出的优化商超订货量、销售价格、保鲜努力水平和期望收益, 结果如表 3 所示。

通过算例可以发现, 当商超具有损失规避行为时, 相比于商超的风险中性决策行为, 其订货量变小, 销售价格提高, 保鲜努力水平降低, 而最终的效用减少。

表 4 消费者保鲜努力敏感系数运算数据

Tab. 4 Calculation data of sensitivity coefficient of consumer freshness-keeping effort

A	w /(元·件 ⁻¹)	s /(元·件 ⁻¹)	a /件	b	r	λ	k	q /件	p /(元·件 ⁻¹)	e	U /元
5	10	3	150	3	1.5	1.1	25	40.334 1	38.260 5	0.818 3	943.841 2
5	10	3	150	3	1.45	1.1	25	40.328 2	38.235 6	0.791 0	943.440 1
5	10	3	150	3	1.4	1.1	25	40.322 6	38.211 5	0.763 7	943.054 1
5	10	3	150	3	1.35	1.1	25	40.317 1	38.188 3	0.736 4	942.680 1
5	10	3	150	3	1.3	1.1	25	40.311 8	38.165 9	0.709 1	942.321 4
5	10	3	150	3	1.25	1.1	25	40.306 7	38.144 3	0.681 8	941.978 0
5	10	3	150	3	1.2	1.1	25	40.301 8	38.123 6	0.654 5	941.646 3
5	10	3	150	3	1.15	1.1	25	40.297 1	38.103 8	0.627 2	941.326 3
5	10	3	150	3	1.1	1.1	25	40.292 6	38.084 8	0.599 9	941.021 6
5	10	3	150	3	1.05	1.1	25	40.288 3	38.066 6	0.572 6	940.732 1
5	10	3	150	3	1.0	1.1	25	40.284 2	38.049 3	0.545 3	940.454 3
5	10	3	150	3	0.95	1.1	25	40.280 3	38.032 9	0.518 1	940.189 0

通过运算结果可以发现, 消费者保鲜努力敏感系数的变化对商超订货量和价格影响不大, 但是对商超保鲜努力水平和效用影响较大, 因此, 以下以图示形式对商超保鲜努力水平和期望效用进行灵敏度分析。

(1) 消费者保鲜努力敏感系数 r 对商超保鲜努力水平 e 的影响

结果表明, 随着消费者保鲜努力敏感系数的提高, 商超保鲜努力水平随之提高。对于生鲜产品, 当消费者对保鲜努力不甚敏感时, 商超保鲜努力水平较低; 而消费者对保鲜努力较高时, 商超保鲜努力水平较高。说明消费者对生鲜品敏感度会影响到商超的保鲜努力水平。消费者保鲜努力敏感系数与商超保鲜努力水平之间的关系, 如图 1 所示。

(2) 消费者保鲜努力敏感系数 r 对商超效用 U 的影响

结果表明, 随着消费者保鲜努力敏感系数的提高, 商超效用随之提高。对于生鲜品, 当消费者对保鲜努力的敏感系数较低时, 商超的效用较低; 当

表 3 优化结果

Tab. 3 Optimization result

	q /件	p /(元·件 ⁻¹)	e	EU /元
$\lambda = 1.2$	48.898 5	35.268 1	0.504 7	872.256 2
$\lambda = 1$	62.565 3	30.349 0	0.976 7	1 219.704 7

3.2 灵敏度分析

3.2.1 消费者保鲜努力敏感系数

通过 MATLAB 运算, 消费者保鲜努力敏感系数的灵敏度分析结果, 如表 4 所示。

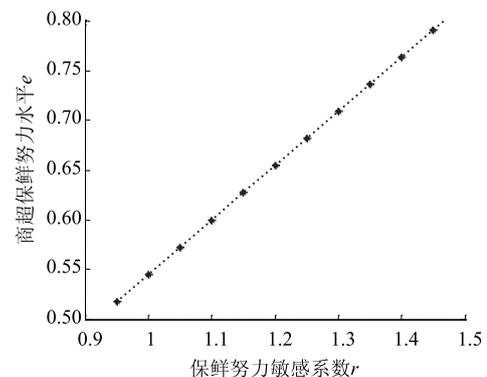


图 1 保鲜努力敏感系数与商超保鲜努力水平之间的关系

Fig. 1 Relationship between sensitivity coefficient of fresh-keeping effort and level of fresh-keeping effort of supermarket

消费者对保鲜努力的敏感系数较高时, 商超效用较高。说明消费者保鲜敏感度提高, 商超会提高保鲜努力水平, 继而促使商超效用水平的提升。消费者保鲜努力敏感系数与商超效用 U 间的关系, 如图 2 所示。

3.2.2 消费者价格敏感系数

通过 MATLAB 运算, 消费者价格敏感系数的灵

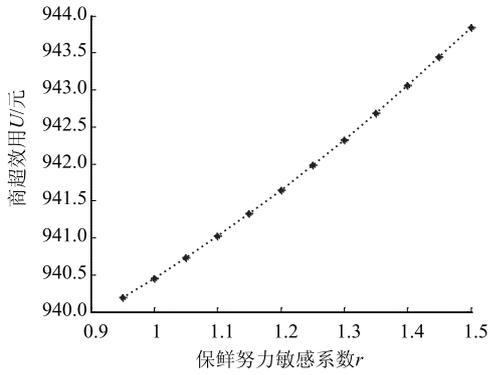


图 2 保鲜努力敏感系数与商超效用之间的关系

Fig. 2 Relationship between sensitivity coefficient of fresh-keeping effort and utility of supermarket

表 5 消费者价格敏感系数运算数据

Tab. 5 Calculation data of sensitivity coefficient of consumer price

A	w/(元·件 ⁻¹)	s/(元·件 ⁻¹)	a/件	b	r	λ	k	q/件	p/(元·件 ⁻¹)	e	U/元
5	10	3	150	2.8	1.2	1.1	25	57.494 0	34.642 8	0.754 8	1 129.326 9
5	10	3	150	2.9	1.2	1.1	25	57.193 7	33.517 5	0.727 5	1 076.720 3
5	10	3	150	3.0	1.2	1.1	25	56.885 3	32.470 3	0.701 9	1 027.605 9
5	10	3	150	3.1	1.2	1.1	25	56.568 8	31.493 6	0.677 9	981.646 8
5	10	3	150	3.2	1.2	1.1	25	56.244 3	30.580 7	0.655 4	938.548 6
5	10	3	150	3.3	1.2	1.1	25	55.911 9	29.725 6	0.634 1	898.052 5
5	10	3	150	3.4	1.2	1.1	25	55.571 7	28.923 4	0.614 1	859.930 6
5	10	3	150	3.5	1.2	1.1	25	55.223 7	28.169 3	0.595 1	823.981 0
5	10	3	150	3.6	1.2	1.1	25	54.868 2	27.459 3	0.577 1	790.024 5

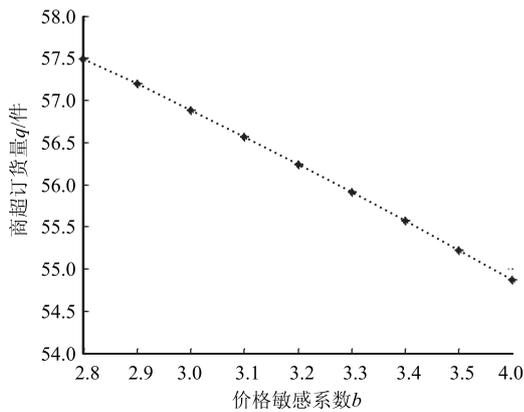


图 3 价格敏感系数与商超订货量之间的关系

Fig. 3 Relationship between price sensitivity coefficient and order quantity of supermarket

(2) 消费者价格敏感系数 b 对商超价格 p 的影响

结果表明,随着消费者价格敏感系数的提高,商超价格随之降低。对于生鲜产品,当消费者对零售价格不甚敏感时,商超价格较高;当消费者对价格敏感系数很敏感时,商超价格较低。消费者价格

敏感度分析结果如表 5 所示。

通过运算结果可以发现,价格敏感系数的变化对商超订货量、价格、保鲜努力水平和效用都存在影响,因此,以下以图示形式对商超订货量、价格、保鲜努力水平和效用进行灵敏度分析。

(1) 消费者价格敏感系数 b 对商超订货量 q 的影响

结果表明,随着消费者价格敏感系数的提高,商超价格随之降低。对于生鲜产品,当消费者对零售价格不甚敏感时,商超价格较高;当消费者对生鲜敏感系数很敏感时,商超价格较低。消费者价格敏感系数与商超保鲜努力水平之间的关系,如图 3 所示。

敏感系数与商超价格的关系如图 4 所示。

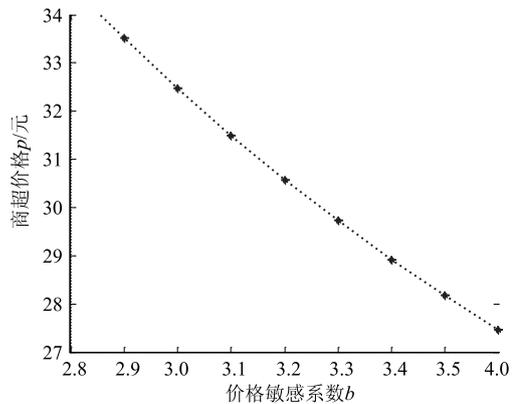


图 4 价格敏感系数与商超价格之间的关系

Fig. 4 Relationship between price sensitivity coefficient and price of supermarket

(3) 消费者价格敏感系数 b 对商超保鲜努力水平 e 的影响

结果表明,随着消费者价格敏感系数的上升,商超保鲜努力水平下降。这说明,对于生鲜产品,

当消费者对零售价格不甚敏感时, 商超保鲜努力水平较高, 消费者对价格不敏感, 商超可以通过高价出售商品获取更多的效用, 商超的保鲜努力水平就会较高; 当消费者对价格敏感系数很敏感时, 商超不能通过高价出售商品获利, 商超保鲜积极性降低, 进而保鲜努力水平降低。消费者价格敏感系数与商超保鲜努力水平之间的关系如图 5 所示。

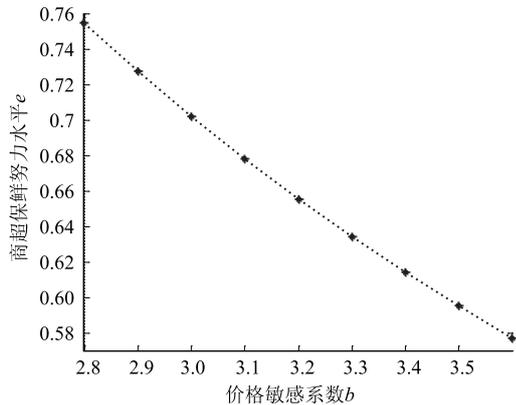


图 5 价格敏感系数与商超保鲜努力水平之间的关系

Fig. 5 Relationship between price sensitivity coefficient and fresh-keeping effort of supermarket

(4) 消费者价格敏感系数 b 对商超效用 U 的影响

结果表明, 随着消费者价格敏感系数的上升, 商超效用下降。这说明, 对于生鲜品, 当消费者对零售价格不敏感时, 商超以较高的价格出售商品, 效用较高; 当消费者对保鲜努力不敏感时, 商超不能通过高价出售商品获利, 商超保鲜努力水平降低, 且价格降低, 只能获取较低的效用。消费者价格敏感系数与商超效用之间的关系如图 6 所示。

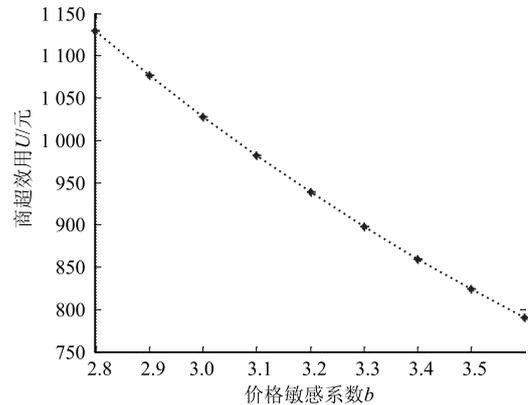


图 6 价格敏感系数与商超效用之间的关系

Fig. 6 Relationship between price sensitivity coefficient and utility of supermarket

3.2.3 商超损失规避系数

通过 MATLAB 运算, 商超损失规避系数灵敏度分析结果如表 6 所示。

表 6 商超损失规避系数运算数据表

Tab. 6 Calculation data of supermarket loss avoidance coefficient

A	$w/(\text{元} \cdot \text{件}^{-1})$	$s/(\text{元} \cdot \text{件}^{-1})$	$a/\text{件}$	b	r	λ	k	$q/\text{件}$	$p/(\text{元} \cdot \text{件}^{-1})$	e	$U/\text{元}$
5	10	3	150	3	1.2	1.20	25	48.898 5	35.268 1	0.504 7	872.256 2
5	10	3	150	3	1.2	1.15	25	53.029 8	33.835 2	0.592 0	944.564 8
5	10	3	150	3	1.2	1.10	25	56.885 3	32.470 3	0.701 9	1 027.605 9
5	10	3	150	3	1.2	1.05	25	60.100 9	31.294 6	0.831 7	1 119.946 3
5	10	3	150	3	1.2	1.00	25	62.565 3	30.349 0	0.976 7	1 219.704 7

通过运算结果可以发现, 商超损失规避系数的变化对商超订货量、价格、保鲜努力水平和效用都存在较大影响。因此, 以下以图示的形式对商超订货量、价格、保鲜努力水平和效用进行灵敏度分析。

(1) 商超损失规避系数 λ 对商超订货量 q 的影响

结果表明, 随着商超损失规避系数上升, 商超订货量随之下降。这说明, 对于生鲜品, 当商超损失规避系数 λ 变大时, 商超所承担的风险随之增大, 商超会降低订货量以规避损失; 商超损失规避系数变小, 商超承担的风险降低, 商超会产生更高的订货意愿, 订货量随之上升。商超损失规避系数与商

超订货量之间的关系如图 7 所示。

(2) 商超损失规避系数 λ 对商超价格 p 的影响

结果表明, 随着商超损失规避系数上升, 商超价格随之上升。这说明, 对于生鲜品, 当商超损失规避系数变大时, 商超承担损失的风险上升, 商超会以较高的价格出售商品; 当商超损失规避系数变小, 商超承担损失的风险降低, 商超则会以较低的价格出售商品。商超损失规避系数与商超价格之间的关系如图 8 所示。

(3) 商超损失规避系数 λ 对商超保鲜努力水平 e 的影响

结果表明, 随着商超损失规避系数上升, 商超

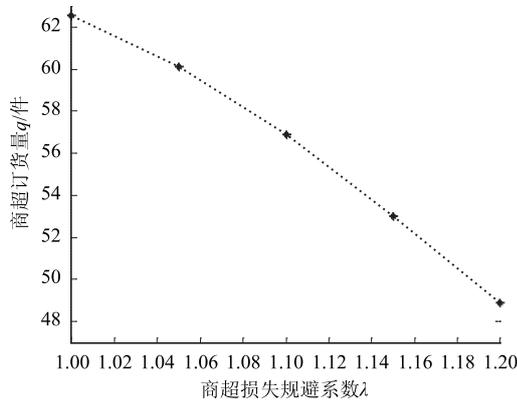


图7 商超损失规避系数与订货量之间的关系

Fig. 7 Relationship between loss avoidance coefficient of supermarket and order quantity

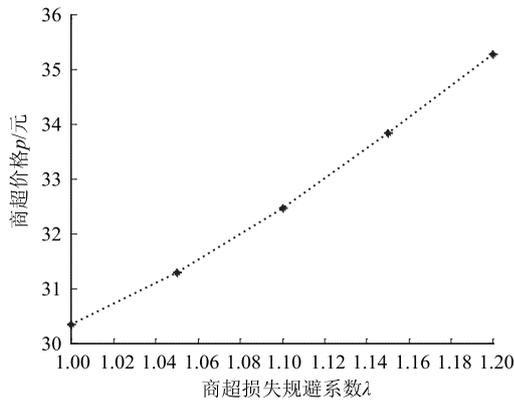


图8 商超损失规避系数与商超价格之间的关系

Fig. 8 Relationship between loss avoidance coefficient of supermarket and price of supermarket

保鲜努力水平随之下降。对于生鲜品,当商超损失规避系数变大时,商超承担损失的风险上升,对商品进行保鲜努力的意愿降低,导致商超保鲜努力水平降低;当商超损失规避系数变小,商超承担损失的风险降低,对商品进行保鲜努力的意愿提高,保鲜努力水平上升。商超损失规避系数与商超保鲜努力水平之间的关系如图9所示。

(4) 商超损失规避系数 λ 对商超效用 U 的影响

结果表明,随着商超损失规避系数上升,商超效用随之下降。对于生鲜品,当商超损失规避系数变大时,商超承担损失的风险上升,导致商超效用水平下降;当商超损失规避系数变小,商超承担损失的风险降低,商超效用水平上升。商超损失规避系数与商超效用之间的关系如图10所示。

4 结论

文章研究了风险规避型商超的订货量、定价和

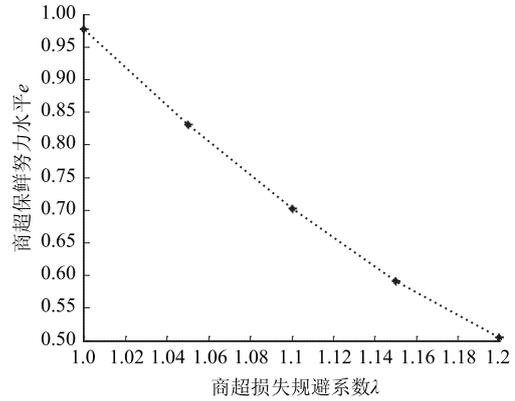


图9 商超损失规避系数与保鲜努力水平之间的关系

Fig. 9 Relationship between loss avoidance coefficient of supermarket and level of fresh-keeping effort

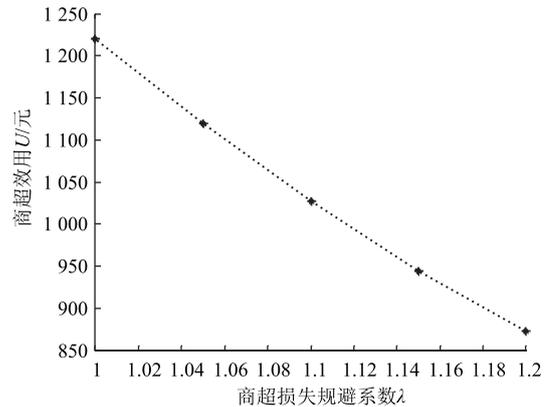


图10 商超损失规避系数与效用之间的关系

Fig. 10 Relationship between loss avoidance coefficient of supermarket and utility

保鲜努力水平的优化决策。算例及灵敏度分析验证了模型的有效性。通过灵敏度分析发现:(1)消费者对保鲜努力越是敏感,商超越是需要保鲜措施上下功夫。商超增加保鲜资金和技术投入,不仅可以满足消费者对新鲜度的需要,还可以提高自身的效用。(2)消费者对价格越是敏感,商超越需要降低成本,包括减少保鲜努力投入,进而降低价格。因此,商超在进货时,一是要确保进货时的产品新鲜度,二是适当降低进货量。(3)商超对损失规避要求越高,订货量就要下降,与此同时,还需要提高销售价格上升和降低保鲜努力水平。这说明,商超承担着资金和市场风险,风险的加大会导致商超的决策更加趋向稳健,商超的订货量会下降,当然,自身的效用也会下降。所以,作为商超要积极与外部的企业进行战略合作,在强化供应链核心能力的同时,控制自身经营运作成本,提高抵御外部风险的能力。(4)既然市场风险是一直存在的并且是不

可避免的,那么作为生鲜产品的商超要积极面对市场风险,争取多方合作,共建供应链风险分摊体系,实现供应链的利益最大化。本研究针对的是不确定性需求环境下单一决策者,即商超定价、保鲜努力和订货量的优化研究,没有涉及供应链的优化决策研究,今后需要从损失规避的视角对供应链的优化决策与协调开展相关研究。

参考文献:

References:

- [1] YU Y, XIAO T. Pricing and Cold-chain Service Level Decisions in a Fresh Agri-products Supply Chain with Logistics Outsourcing [J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 111: 56-66.
- [2] 杨磊,肖小翠,张智勇.需求依赖努力水平的生鲜农产品供应链最优定价策略[J].系统管理学报,2017,26(1):142-153.
YANG Lei, XIAO Xiao-cui, ZHANG Zhi-yong. Optimal Pricing Policies of Fresh Agricultural Product Supply Chain with Effort Level Dependent Demand [J]. Journal of Systems & Management, 2017, 26(1): 142-153.
- [3] 曹裕,李业梅,万光羽.基于消费者效用的生鲜农产品供应链生鲜度激励机制研究[J].中国管理科学,2018,26(2):160-174.
CAO Yu, LI Ye-mei, WAN Guang-yu. Study on the Fresh Degree Incentive Mechanism of Fresh Agricultural Product Supply Chain Based on Consumer Utility [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(2): 160-174.
- [4] SONG Z, HE S. Contract Coordination of New Fresh Produce Three-layer Supply Chain [J]. Industrial Management & Data Systems, 2019, 119(1): 148-169.
- [5] 张艳,王淑云.考虑控制力的生鲜品供应链绩效比较[J].公路交通科技,2020,37(9):139-147.
ZHANG Yan, WANG Shu-yun. Comparison of Fresh Product Supply Chain Performances Considering Control Power [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2020, 37(9): 139-147.
- [6] 王淑云,马文秀.基于保鲜努力的生鲜农产品库存和协调优化[J].公路交通科技,2019,36(6):125-134.
WANG Shu-yun, MA Wen-xiu. Fresh Agricultural Products Inventory and Coordinative Optimization Based on Fresh Keeping Effort [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2019, 36(6): 125-134.
- [7] CAI X, CHEN J, XIAO Y, et al. Fresh-product Supply Chain Management with Logistics Outsourcing [J]. Omega, 2013, 41(4): 752-765.
- [8] 吴庆,但斌,钱宇,等.努力水平影响损耗的低值易逝品TPL协调合同[J].管理科学学报,2014,17(12):15-26.
WU Qing, DAN Bin, QIAN Yu, et al. Third Party Logistics Coordinating Contracts for Low Value Perishable Products with Loss Dependent on Logistics Effort Levels [J]. Journal of Management Sciences in China, 2014, 17(12): 15-26.
- [9] 冯颖,张炎治.不同权力结构下TPL服务增值的供应链决策与效率评价[J].中国管理科学,2018,26(10):164-175.
FENG Ying, ZHANG Yan-zhi. Decision Making and Efficiency Evaluation in a Supply Chain with TPL's Value-added Services under Different Power Structures [J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(10): 164-175.
- [10] YAN B, WU X, YE B, et al. Three-level Supply Chain Coordination of Fresh Agricultural Products in the Internet of Things [J]. Industrial Management and Data Systems, 2017, 117(9): 1842-1865.
- [11] 郑宇婷,李建斌,陈植元,等.不确定需求下的冷链分销商最优决策[J].管理科学学报,2019,22(1):99-111.
ZHENG Yu-ting, LI Jian-bin, CHEN Zhi-yuan, et al. Optimal Decisions of Cold Chain Distributor under Uncertain in Demand [J]. Journal of Management Sciences in China, 2019, 22(1): 99-111.
- [12] 王淑云,张艳.供应商具有价格控制力的供应链合作双赢研究[J].东岳论丛,2021,42(6):46-59,191.
WANG Shu-yun, ZHANG Yan. Research on Win-win Cooperation of Supply Chain with Supplier's Price Control Power [J]. Dongyue Tribune, 2021, 42(6): 46-59, 191.
- [13] 张艳,王淑云.控制力影响定价的生鲜品供应链优化模型[J].公路交通科技,2021,38(11):150-158.
ZHANG Yan, WANG Shu-yun. An Optimal Model of Fresh Product Supply Chain with Influence of Control Power on Pricing [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2021, 38(11): 150-158.
- [14] 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.

- [J]. 财会学习, 2016 (18): 234-235.
GUO Jian-jun. Discussion on Investment Risk Analysis and Prevention and Control Measures of Toll Road [J]. Accounting Learning, 2016 (18): 234-235.
- [10] 申爱萍. 政府收费公路专项债券专在哪里? [J]. 人民交通, 2017 (8): 16-17.
SHEN Ai-ping. Where is Specialty of Special Bond of Government Toll Road? [J]. People's Transportation, 2017 (8): 16-17.
- [11] 赵春华. 用好政府收费公路专项债券政策的几点经验之谈 [J]. 交通财会, 2018 (3): 10-12.
ZHAO Chun-hua. Some Experience on Making Good Use of the Special Bond Policy for Government Toll Road [J]. Finance & Accounting for Communications, 2018 (3): 10-12.
- [12] 赵春华, 司俊军. 对完善政府收费公路专项债券政策的思考 [J]. 财会研究, 2018 (2): 27-30.
ZHAO Chun-hua, SI Jun-jun. Thoughts on Perfecting Special Bond Policy for Government Toll Road [J]. Accounting Research, 2018 (2): 27-30.
- [13] 洪惠娜. 关于高速公路试运营阶段资金管理的探讨 [J]. 财会学习, 2019 (30): 182-184.
HONG Hui-na. Discussion on Fund Management in Trial Operation Stage of Expressway [J]. Accounting Learning, 2019 (30): 182-184.
- [14] 花卉. 高速公路资金管理存在的问题及改进策略研究 [J]. 市场观察, 2016 (12): 84.
HUA Hui. Research on Problems and Improvement Strategies of Expressway Fund Management [J]. Market Observer, 2016 (12): 84.
- [15] 许静娴. 关于提高我国高速公路资金管理的方法研究 [J]. 财经界, 2016 (20): 134.
XU Jing-xian. Research on Methods for Improving Expressway Fund Management in China [J]. Money China, 2016 (20): 134.
- [16] 王春花. 论高速公路资金管理存在的问题及改进策略 [J]. 行政事业资产与财务, 2015 (12): 28-29.
WANG Chun-hua. On Problems and Improvement Strategies of Expressway Fund Management [J]. Assets and Finances in Administration and Institution, 2015 (12): 28-29.
- [17] 苏田田. 修订收费公路政策的策略研究 [J]. 综合运输, 2019, 41 (6): 49-51.
SU Tian-tian. Study on Strategy of Revising Toll Road Policy [J]. China Transportation Review, 2019, 41 (6): 49-51.
- [18] 徐丽, 贺菲菲, 徐园. 缓解制约支撑发展: 收费公路的前世今生 [J]. 中国公路, 2018 (22): 72-77.
XU Li, HE Fei-fei, XU Yuan. Alleviating Constraints and Supporting Development: Past and Present of Toll Roads [J]. China Highway, 2018 (22): 72-77.
- [19] 陈宙翔. 扩展存量经营边界 升级创效增收平台: 收费公路存量资产经营对策建议 [J]. 交通财会, 2019 (1): 28-23.
CHEN Zhou-xiang. Expand Boundary of Stock Operation, Upgrade Platform of Creating Efficiency and Increasing Income: Countermeasures and Suggestions for Management of Stock Assets of Toll Roads [J]. Finance & Accounting for Communications, 2019 (1): 28-23.

(上接第185页)

- LIU Jian, QIU Guo-bin, HUANG Jian. Loss-averse Retailer's Order Decision-making under Stockout Loss Situation [J]. Control and Decision, 2012, 27 (8): 1195-1200.
- [15] 张鹏, 张杰, 马俊. 两种需求情形下损失规避零售商的最优订货-定价联合决策 [J]. 控制与决策, 2015, 30 (10): 1820-1827.
ZHANG Peng, ZHANG Jie, MA Jun. Joint Decision-making of Order Quantities and Pricing for Loss-averse Retailers with Two Demand Cases [J]. Control and Decision, 2015, 30 (10): 1820-1827.
- [16] 许民利, 王俏, 欧阳林寒. 考虑高超风险规避及努力因素的供应链协调与优化模型 [J]. 运筹与管理, 2014, 23 (2): 73-81.
XU Min-li, WANG Qiao, OUYANG Lin-han. Supply Chain Coordination and Optimization with Risk-averse Retailer and Sales Effort Dependent Demand [J]. Operations Research and Management Science, 2014, 23 (2): 73-81.
- [17] MA X, XU J, PENG W, et al. Optimal Freshness and Carbon Abatement Decisions in a Two-echelon Cold Chain [J]. Applied Mathematical Modelling, 2021, 96: 834-859.
- [18] 王淑云, 姜樱梅, 王宪杰. 冷链库存优化与定价研究 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2018.
WANG Shu-yun, JIANG Ying-mei, WANG Xian-jie. Research on Cold Chain Inventory Optimization and Pricing [M]. Beijing: Economic Science Press, 2018.