

前景理论对报童决策偏差的适用性

丁小东^{1,2}, 庄河¹, 徐菱¹, 蒋葛夫¹, 黄修莉¹

(1. 西南交通大学 交通运输与物流学院, 成都 610031; 2. 中国铁道科学研究院 运输及经济研究所, 北京 100081)

摘要: 前景理论是不确定决策领域的基础理论, 而均值前景(mean prospect)模型下的前景理论可以解释报童决策偏差现象. 为此, 通过改进均值前景模型, 构建不同产品下决策者参考点的计算方法, 提出了基于前景理论的库存决策模型, 并从理论上证明了前景理论与报童决策偏差之间的关系. 仿真结果显示, 不同产品中决策者的心理参考点、感知损失/获益区间存在显著差异, 部分产品中前景理论能够有效解释决策者的实际订购行为, 该结论与已有的研究成果一致.

关键词: 前景理论; 库存决策模型; 均值前景; 报童模型; 报童决策偏差

中图分类号: F272.3

文献标志码: A

Applicability of prospect theory to newsvendor decision bias

DING Xiao-dong^{1,2}, ZHUANG He¹, XU Ling¹, JIANG Ge-fu¹, HUANG Xiu-li¹

(1. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. Transportation & Economics Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China. Correspondent: XU Ling, E-mail: xl_xnjd@163.com)

Abstract: The prospect theory is the basic theory in the field of uncertain decision making. The prospect theory can explain it under the mean prospect model. Therefore, through the improvement of mean prospect, the calculation method of reference point for different products is constructed, and the inventory decision model under the prospect theory is proposed. The relationship between the prospect theory and the newsvendor decision-making deviation is proved theoretically. Simulation results show that in different products, the decision maker's psychological reference point and sensory loss(gain) interval are significantly different. What's more, in part of products, the prospect theory can explain the decision maker's actual order behavior. This conclusion is consistent with the existent research.

Keywords: prospect theory; inventory decision model; mean prospect; newsvendor model; newsvendor decision bias

0 引言

Whitin^[1]早在1955年就提出了报童模型, 用于解决需求波动情况下的库存决策问题, 之后报童模型便成为需求不确定库存问题的经典模型并得到了广泛应用和推广. Fisher等^[2]于1996年通过实证分析发现, 报童模型理论解与实际决策之间存在较大的偏差. Schweitzer等^[3]于2000年通过设计行为实验进一步证实了该偏差, 并指出在低利润产品中决策者的实际订购量大于报童模型最优订购量; 在高利润产品中决策者的实际订购量小于报童模型最优订购量. 在上述研究的基础上, 本文将决策者实际订购行为与报童模型最优解之间的偏差定义为报童决策偏差. 之后, Bolton等^[4]于2008年发现, 扩大实验样本后报童

决策偏差现象依然存在, 并证实了该现象具有较强的鲁棒性; Benzion等^[5]于2010年发现, 当需求分布函数已知和未知时, 决策者均表现出报童决策偏差现象; Feng等^[6]于2011年从中庸思想的角度研究了中美两国决策者的订货行为, 并指出了具有中国文化背景的决策者表现出更显著报童决策偏差现象; Lau等^[7]于2014年对比分析了群体、个体订购行为, 发现报童决策偏差现象在群体订购行为中表现得更为显著.

报童决策偏差现象揭示了在需求不确定性库存决策问题中, 决策者的实际订购行为与理论模型之间存在的偏差及其内在规律, 该现象是联系理论模型与实践决策者的桥梁和纽带. 近年来, 大量学者已从学习效用^[8]、信息反馈、概率选择^[9]等方面对报童决策

收稿日期: 2015-04-06; 修回日期: 2015-09-06.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71377156, 71403225).

作者简介: 丁小东(1987-), 男, 博士生, 从事契约协调行为、库存决策行为的研究; 蒋葛夫(1957-), 男, 教授, 博士生导师, 从事智能交通、物流系统规划与设计等研究.

偏差的形成机制进行了解释. Tversky等^[10-12]提出的前景理论(prospect theory)经过30多年的论证已经被众多学者广泛接受,该理论解释了大量的不确定决策问题. 樊治平等^[13-14]将前景理论应用到多属性决策领域,并进行了广泛推广. 在库存决策领域,前景理论也得到了大量应用. 文献[15]建立了损失厌恶报童的最优订货量模型,通过比较分析发现,随着损失厌恶程度的增加,报童的订货量会越来越小;文献[16]主要研究了订货问题中的参考点选择并进行了实证分析;文献[17]将文献[16]的研究成果扩展到两产品问题中;文献[18]针对零售商损失厌恶行为往往导致其决策偏离最优的现象,从顾客渠道偏好和零售商损失厌恶因素角度研究了混合渠道的库存决策行为.

Schweitzer等^[3]首次采用前景理论解释报童决策偏差,提出在高、低利润产品中报童的订购量会同时出现小于和大于报童模型最优订购量的情况. Wang等^[19]从损失规避的角度进行研究,发现高利润、低利润产品中决策者的订购量均小于报童模型最优解. Nagarajan等^[20]将期望效用为0时定义为参考点(zero-profit reference point),发现决策者在高(低)利润产品中实际订购量大(小)于报童模型最优解,该结论与报童决策偏差现象完全相反. 上述学者均认为,前景理论无法解释报童决策偏差现象. Long等^[21]在文献[20]的基础上修改了参考点模型,发现当成本价格比 $\theta_H = 0.25$ 时(高利润),前景理论最优订购量小于报童模型最优解;当 $\theta_L = 0.75$ 时(低利润),前景理论的最优订购量大于报童决策偏差现象,认为前景理论可以解释报童决策偏差现象. Uppari等^[22]认为,决策者在实际库存决策时,心理参考点为需求分布的均值,提出前景理论可以解释报童决策偏差现象. Zhao等^[23-24]采用计算机仿真的方法得出了与文献[21]相同的结论.

由上述分析可知,修改参考点后,当 $\theta_H = 0.25$ 、 $\theta_L = 0.75$ 时,前景理论可以解释报童决策偏差现象,可见文献[21]研究的是报童决策偏差现象中的特殊情况. 为此,本文在已有文献的基础上扩大研究范围,得出在整个定义域上前景理论对报童决策偏差现象的适用性. 主要贡献有: 1) 采用期望效用的研究范式,构建决策者参考点选择模型,并发现高(低)利润产品中决策者的参考点小(大)于需求分布均值; 2) 基于参考点模型,研究了不同产品($0 < \theta < 1$)中决策者获益/损失区间的分布情况,提出决策者对获益/损失的感知与成本价格比显著相关,并且在同一类产品($0 < \theta_H < 0.5$ 或者 $0.5 < \theta_L < 1$)中,决策者对获益/损失的感知存在差异; 3) 在前景理论的研究范式下,采用仿真实

验的方法分析了在整个定义域($0 < \theta < 1$)上基于前景理论的订购量与报童模型最优解之间的关系,并对比分析了本文的结论与已有的研究成果结论之间的关系.

1 问题描述

1.1 报童模型

报童每天早上从报社购进报纸零售,晚上将没有卖掉的报纸退回. 假设每份报纸的购进价为 c ,零售价为 p ,退回价为 $s(p > c > s)$,每天的订购量为 q 份. 报童卖出一件产品的单位盈利为 $\kappa^u = p - c$,积压一件产品的单位损失为 $\kappa^o = c$,由历史统计数据可知,报纸每日需求量 $D(0 \leq D < \infty)$ 的分布函数为 F ,概率密度函数为 f . 在理性情况下,报童的利润为

$$\pi^n(q, D) = \begin{cases} \pi_-^n(q, D) = pD - cq, & D \leq q; \\ \pi_+^n(q, D) = pq - cq, & D > q. \end{cases} \quad (1)$$

则报童的期望利润为

$$E[\pi^n(q, D)] = p \int_{D=0}^q [Df(D) - qf(D)]dD + (p - c)q. \quad (2)$$

令 $q^n = \arg \max E[\pi^n(q, D)]$,则风险中性报童关键分位点 $F(q^n)$ 满足

$$F(q^n) = \frac{p - c}{p}. \quad (3)$$

定理1 令 $t(1 \leq t \leq T)$ 为决策顺序,且报童的订购量满足 $q_1 < q_2 < \dots < q_{t-1} < q_t < q_{t+1} \dots < q_{T-1} < q_T$, q_t 为当前订购量. 如果决策者的订购量由 q_t 增加至 q_{t+1} 时,报童期望利润的边际收益等于边际损失,则 q_t 为报童的最优订购量.

证明 订购量 q_t 将需求区间划分为 $[0, q_t] = \{x \in R : 0 \leq x \leq q_t\}$, $(q_t, \infty) = \{x \in R : q_t < x < \infty\}$. 如果需求 $D \in [0, q_t]$,则当决策者的订购量由 q_t 增加至 q_{t+1} 后,将出现货物积压现象($D < q_{t+1}$),即出现货物积压的概率为

$$\int_0^{q_t} f(x)dx = F(q_t).$$

由报童模型定义可知,报童积压一件产品的单位损失为 $\kappa^o = c$,因此,报童期望利润的边际损失为

$$ML = cF(q_t).$$

同理,报童期望利润的边际收益

$$MG = (p - c)\bar{F}(q_t).$$

由式(3)可知,当 $(p - c)\bar{F}(q_t) = cF(q_t)$ 时,决策者将获得最大期望利润,因此 q_t 为报童的最优订购量. \square

1.2 产品分类

Schweitzer等^[3]根据经典报童模型的关键分位点 $F(q^n)$ 将产品分为高利润产品($F(q_H^n) > 0.5$)、低利润产品($F(q_L^n) < 0.5$). 一般情况下,市场价格 p 主要取决

于需求市场,且在短期内变化不显著,因此 p 可被视为外生变量.此外,现实中很多产品的期末残值可以忽略,且期末残值对订购行为的影响可以转嫁到订购成本上,因此,可假设 $s = 0$.可见,影响产品关键分位点的核心因素是订购成本 c .本文基于订购成本,在 Schweitzer 等^[3]的基础上,修改了高(低)利润产品的定义,并新定义均衡利润产品.

定义 1 (成本价格比) 设非空集 $\theta \subset \mathbf{R}$,且满足 $\theta|\theta = c/p, 0 \leq \theta \leq 1$,则称 θ 为该产品的成本价格比,报童模型的最优订购量可简化为 $F(q^n) = 1 - \theta$.

定义 2 (产品分类)^[25-26] 如果产品的订购成本分别满足 $c_L > p/2, c_B = p/2, c_H < p/2$,则该产品分别属于低利润、均衡利润、高利润产品.

由定义 1 可知,高利润产品中 $\kappa_H^u = p - c_L > c_L = \kappa_H^o$,即边际缺货损失大于边际过剩损失,可见高利润产品具有较大的边际利润、较高期末残值等特性;低利润产品中 $\kappa_H^u < \kappa_H^o$,该产品具有较小的边际利润和较低期末残值;均衡利润产品中 $\kappa_H^u = \kappa_H^o$.

1.3 报童决策偏差

定义 3 (报童决策偏差) 报童决策偏差即指决策者的实际订购行为与报童模型最优订购量之间存在偏差:低(高)利润产品中,决策者的实际订购量大

于(小于)报童模型最优解.

注 1 Schweitzer 等^[3]、Bostian 等^[8]和 Lau 等^[7]在设计行为实验时,假设市场需求为 $D \sim [0, 300]$, $p = 12, s = 0, c_H = 3, c_L = 9$,主要研究决策者的实际订购行为与需求均值、报童模型最优解之间的关系,强调决策者的实际订购行为分布在需求均值与报童模型最优解之间,故将该决策偏差定义为“均值偏向”现象.本文主要研究决策者实际订购行为与报童模型最优解之间的关系,所以不研究实际订购量与需求均值之间的关系.

报童决策偏差是近 10 年来库存决策领域的重要发现,不仅出现在订购行为中,大量行为实验证明在供应链契约协调问题中决策者同样表现出报童决策偏差^[27-28].因此,研究报童决策偏差的形成机制,对提高库存决策精度和供应链效率具有十分重要的意义.

1.4 报童决策偏差与前景理论的关系

Nagarajan 等^[20]研究发现,低(高)利润产品中前景理论计算出的最优解小于(大于)报童模型最优解,该结论与报童决策偏差现象相反,并指出前景理论无法解释报童决策偏差现象;Long 等^[21]和 Uppari 等^[22]则认为前景理论可以解释报童决策偏差现象.相关学者的研究结论如表 1 所示.

表 1 报童决策偏差和前景理论解之间的关系

	Schweitzer ^[3]		Nagarajan ^[20]		Long ^[21]		Uppari ^[22]	
	低利润	高利润	低利润	高利润	低利润	高利润	低利润	高利润
成本价格比	0.75	0.25	0.75	0.25	0.75	0.25	0.75	0.25
报童模型解	75	225	975	1 125	75	225	75	225
参考点	zero-profit reference point				mean-profit reference point			
前景理论解	[75, 300] [0, 225]	[0, 75] [225, 300]	947	1 129	[75, 300]	[225, 300]	[75, 300]	[225, 300]
结论	无法解释		无法解释		可以解释		可以解释	

2 基于前景理论的报童问题

2.1 心理参考点选择

Nagarajan 等^[20]将使得决策者期望利润为负值的区间定义为损失区间,反之为获益区间. Giorgi 等^[29]针对报童问题提出了“均值前景”的概念,决策者将需求分布的均值视为参考点.本文在均值前景的研究范式基础上,认为决策者的心理参考点是变化的,且在不同产品中表现出不同的参考点,同时心理参考点与需求、实际订购量显著相关.

定义 4 (均值前景)^[29] 假设报童面对的市场需求为 x ,市场需求均值为 $\mu = \bar{x}$,备选订购点满足 $q \in [a, b]$,当需求在区间 $[a, b]$ 上随机出现时,决策者的参考点将保持不变,满足 $R = \mu$.

定义 5 (相对感知效用) 令 q 为决策者的备选订购点,且满足 $q \in [a, b]$; $\pi^n(q, x)$ 为理性情况下决策者

的效用,如式(1)所示; $\pi^\mu(q, x)$ 为均值前景下决策者的效用, $\pi^\mu(q, x) = pD - c\mu$.则报童在均值前景下的相对感知效用为 $\pi(q, x) = \pi^n(q, x) - \pi^\mu(q, x)$.

由定义 4 可知,备选订购点的定义域为 $[a, b]$,而决策者对需求的期望 $\mu = \bar{x} \in [a, b]$.因此,本文将分别按 $a < q < \mu$ 和 $\mu \leq \tilde{q} < b$ 两种情况研究不同产品中的参考点.当 $a < q < \mu$ 和 $\mu \leq \tilde{q} < b$ 时,决策者的相对感知效用分别为

$$\pi(\tilde{q}, x) = \begin{cases} c\mu - c\tilde{q}, & a < x < \tilde{q}; \\ (p - c)\tilde{q} - px + c\mu, & \tilde{q} < x < \mu; \\ (p - c)\tilde{q} - px + c\mu, & \mu < x < b. \end{cases} \quad (4)$$

$$\pi(q, x) = \begin{cases} c\mu - cq, & a < x < q; \\ (p - c)q - px + c\mu, & q < x < \mu; \\ (p - c)q - px + c\mu, & \mu < x < b. \end{cases} \quad (5)$$

由式(4)可知,当需求 $x \in X_1|a \leq x_1 < q < \mu$ 时, $\pi(q, x_1) = c(\mu - q) > 0$, 决策者的相对感知效用为正数. 当需求 $x \in X_2|q < x_2 < \mu$ 时, 令相对感知效用等于 0, 可得 $x = \mu c/p + q(p - c)/p = R$. 因此, 当 $x \in X_3|q < x_2 < R, x \in X_4|R < x_3 < \mu, x \in X_4|\mu < x_4 \leq b$ 时, 可得

$$\begin{aligned} \pi(q, x_2) &= (q c/p - c q) - (x_2 c/p - c \mu) > 0, \\ \pi(q, x_3) &= (q c/p - c q) - (x_3 c/p - c \mu) \leq 0, \\ \pi(q, x_4) &= -(c/p - c)(\mu - q) < 0, \end{aligned}$$

即区间 X_1 和 X_2 为获益区间, 区间 X_3 和 X_4 为损失区间.

由上述分析可知: 当需求 $x \in (a, R)$ 时, 决策者处于获益状态; 当 $x \in (R, b)$ 时, 决策者处于损失状态. 因此, 可将 $R = \mu c/p + q(p - c)/p$ 定义为决策者的心理参考点. 同理可知, 当 $\mu \leq \tilde{q} < b$ 时, 决策者的心理参考点 $\tilde{R} = (1 - \theta)\mu + \theta\tilde{q}$. 由定义 1 可知, $\theta = c/p$, 因此

$$R = \theta\mu + (1 - \theta)q, \quad \tilde{R} = (1 - \theta)\mu + \theta\tilde{q}.$$

定义 6 (心理参考点) 设非空集 $\theta \in \mathbf{R}|0 < \theta < 1, q \in \mathbf{R}|a < q < \mu, \tilde{q} \in \mathbf{R}|\mu < \tilde{q} < b, R \in \mathbf{R}^2, \tilde{R} \in \mathbf{R}^2$, 且满足

$$\begin{aligned} R|R &= \theta\mu + (1 - \theta)q, \quad a < R < b; \\ \tilde{R}|\tilde{R} &= (1 - \theta)\mu + \theta\tilde{q}, \quad a < \tilde{R} < b. \end{aligned}$$

则称 R, \tilde{R} 为决策者的心理参考点.

算例 1 令 $q = 50, \mu = 150, q < \mu; x \in U[a, b], a = 0, b = 300, p = 12, c = 3; x_1 = 25, x_2 = 60, x_3 = 100, x_4 = 200, R = c\mu/p + (p - c)q/p = 75$. 根据定义 5 可计算出, 当 $x \in X_1|0 \leq x_1 < 50$ 时, 理性情况下效用

$$\pi^n(q, x_1) = px_1 - cq_1 = 12 \times 25 - 3 \times 50 = 150;$$

均值前景效用

$$\pi^\mu(q, x_1) = px_1 - c\mu = -150;$$

相对感知效用

$$\pi(q, x_1) = c(\mu - 50) = 300 > 0.$$

同理, 当 $x \in X_2|50 \leq x_2 < 75$ 时

$$\pi(q, x_2) = (pq - cq) - (x_2c/p - c\mu) = 180 > 0;$$

当 $x \in X_3|75 \leq x_3 < 150$ 时

$$\pi(q, x_3) = (pq - cq) - (x_3c/p - c\mu) = -300 < 0;$$

当 $x \in X_4|150 \leq x_4 < 300$ 时

$$\pi(q, x_4) = (pq - cq) - (x_4c/p - c\mu) = -1500 < 0.$$

决策者的心理参考点

$$R = \mu c/p + q(p - c)/p = 75,$$

当订购量小于需求分布均值时, 决策者损失/获益区间分布如图 1 所示.

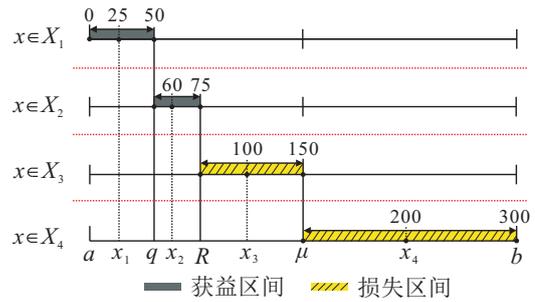


图 1 决策者损失/获益区间分布 ($q < \mu$)

当 $q < \mu$ 时, $x \in X_1 \cup X_2$ 为获益区间, 决策者的相对感知效用大于零; $x \in X_3 \cup X_4$ 为损失区间, 决策者的相对感知效用小于零. 决策者的参考点为 $R_{q < \mu} = \mu c/p + (p - c)/pq$, 再结合定义 1 可得

$$R_{q < \mu} = \theta\mu + (1 - \theta)q.$$

由此可知: 高利润产品 ($\theta < 0.5 \rightarrow 0$) 中, 实际订购量 q 较需求均值 μ 对决策者参考点的影响更显著; 低利润产品 ($\theta > 0.5 \rightarrow 1$) 中, 需求均值 μ 较实际订购量 q 对决策者参考点的影响更显著. 当 $q < \mu$ 时, 决策者的参考点介于实际订购量与心理预期点之间, 且在高利润产品中小于低利润产品; 反之, 决策者的参考点介于实际订购量与心理预期点之间, 且在高利润产品中大于低利润产品.

由定义 6 可知, 决策者的心理参考点是关于 θ 和 q 的函数 $R(\theta, q)$, 且在定义域 $q \in [a, b]$, 随着 q 的变化决策者的心理参考点在变化, 因此, 本文采用心理参考点的期望来衡量决策者的个体差异.

定义 7 (心理参考点期望) 决策者心理参考点与产品的成本价格比显著相关, 令 $0 < \theta < 1$, 则决策者的心理参考点期望为

$$\begin{aligned} E R(q, \theta) &= \int_a^\mu [\theta\mu + (1 - \theta)q]f(q)dq + \\ &\int_\mu^b [(1 - \theta)\mu + \theta q]f(q)dq. \end{aligned} \quad (6)$$

定理 2 决策者在不同产品中存在不同的心理参考点, 当市场需求满足 $D \in U[a, b]$ 时, 决策者的心理参考点为

$$\begin{aligned} E R(q, \theta) &= \frac{\mu - a}{2(b - a)} [a(1 - \theta) + \mu(1 + \theta)] + \\ &\frac{b - \mu}{2(b - a)} [b\theta + (2 - \theta)\mu]. \end{aligned} \quad (7)$$

证明 由 $D \in U[a, b]$, 可得 $f(q) = \frac{1}{b - a}$, 则

$$\begin{aligned} E R(q, \theta) &= \\ &\frac{1}{b - a} \left[\theta\mu q \Big|_a^\mu + \right. \\ &\left. \frac{(1 - \theta)}{2} q^2 \Big|_a^\mu + (1 - \theta)\mu q \Big|_\mu^b + \frac{\theta}{2} q^2 \Big|_\mu^b \right] = \end{aligned}$$

$$\frac{1}{b-a} \left[\frac{1}{2} (\theta \mu^2 - 2\theta \mu a + \mu^2 - a^2 + \theta a^2) + \left(\mu b - \mu^2 - \theta \mu b + \theta \mu^2 + \frac{1}{2} \theta (b^2 - \mu^2) \right) \right] = \frac{\mu - a}{2(b-a)} [a(1-\theta) + \mu(1+\theta)] + \frac{b-\mu}{2(b-a)} [b\theta + (2-\theta)\mu]. \quad \square$$

由定理2可知, 当市场需求满足 $D \in U[a, b]$ 时, 决策者心理参考点的期望是关于成本价格比的函数. 因此, 在不同的产品 ($0 < \theta < 1$) 中, 决策者的心理参考点有所不同. 本文主要研究当 $0 < \theta_H < 0.5$ (高利润产品)、 $0.5 < \theta_L < 1$ (低利润产品) 时, 决策者心理参考点有无显著差异及变化.

定理3 在均衡利润产品中, 决策者表现出理性的订购行为, 其心理参考点期望为需求均值 $R_B(q, \theta) = \mu$; 在高(低)利润产品中, 决策者将表现出风险规避(追逐)的订购行为, 其心理参考点期望将小于(大于)需求均值 $R_H(q, \theta) < \mu$ ($R_L(q, \theta) > \mu$).

证明 由定理2可知

$$E R_B(q, \theta) = \frac{\mu - a}{2(b-a)} [a(1-\theta) + \mu(1+\theta)] + \frac{b-\mu}{2(b-a)} [b\theta + (2-\theta)\mu].$$

在均衡利润产品中, 令 $\theta = 0.5$, 则有

$$E R_B(q, \theta) = \frac{\mu - a}{2(a-b)} (0.5a + 1.5\mu) + \frac{b-\mu}{2(a-b)} (0.5b + 1.5\mu).$$

由 $b + a = 2\mu$ 可得

$$b - \mu = \mu - a,$$

$$E R_B(q, \theta) = \frac{\mu - a}{2(b-a)} \left(\frac{a+b}{2} + 3\mu \right) =$$

$$\frac{2\mu(\mu - a)}{(b-a)} \stackrel{2\mu=b+a}{=} \frac{(b+a) \left(\frac{b+a}{2} - a \right)}{(b-a)} =$$

$$\frac{a+b}{2} = \mu.$$

同时, 在式(7)中对 θ 求偏导, 有

$$\frac{\partial E R(q, \theta)}{\partial \theta} = \frac{\mu - a}{2(b-a)} (\mu - a) + \frac{b - \mu}{2(b-a)} (b - 2\mu) = \frac{(\mu - a)^2}{2(b-a)} > 0,$$

即 $E R(q, \theta)$ 是关于 θ 的增函数. 由定义1可知, $\theta_L > \theta_B > \theta_H$, 即 $E R_L(q, \theta) > E R_B(q, \theta) > E R_H(q, \theta)$. \square

注2 Schweitzer等^[3]、Bostian等^[8]和Lau等^[7]在用行为实验验证报童模型时, 均假设市场需求为均匀分布, 因此本文在上述证明过程中也沿用了该假设.

定理3表明: 在低利润产品中由于单位产品盈利 κ^u 小于单位产品损失 κ^o , 导致其实际获得的相对利

润较低, 决策者表现出风险追逐的订购行为, 相应的参考点较高; 在均衡利润产品中 $\kappa^u = \kappa^o$, 决策者表现出理性的订购行为, 相应的参考点等于需求均值; 在高利润产品中 $\kappa^u > \kappa^o$, 相应的参考点较低.

仿真实验1 令 $D \in U[0, 300]$, $p = 12$, 由定义1可得 $c_H = 3$, $c_B = 6$, $c_L = 9$, 则在高利润、均衡利润和低利润产品中, 心理参考点的期望分别为 131.25, 150, 168.75.

如图2所示: 随着实际订购量的不断增加, 3种产品的期望参考点在不断增大, 且低利润产品的期望参考点始终大于高利润产品; 当实际订购量 $q \in [0, 150]$ 时, 高利润产品心理参考点增加的速度大于低利润产品; 实际订购量 $q \in [150, 300]$ 时, 高利润产品心理参考点增加的速度小于低利润产品; 均衡利润产品中参考点增加的速度保持不变. 由式(2)可得, 低利润产品中决策者的期望效用小于高利润产品, 高利润产品相对于低利润产品属于获益产品, 低利润产品属于相对损失产品. 由前景理论可知, 获益情况下决策者将表现出风险规避的决策行为, 损失情况下决策者表现出风险追逐的决策行为, 因此, 决策者在低利润产品下心理参考点将大于高利润产品. 本文提出的参考点模型计算结果刚好满足上述要求, 而Giorgi等^[29]提出的均值前景模型则认为决策者在任何情况下, 都将以均值作为心理参考点.

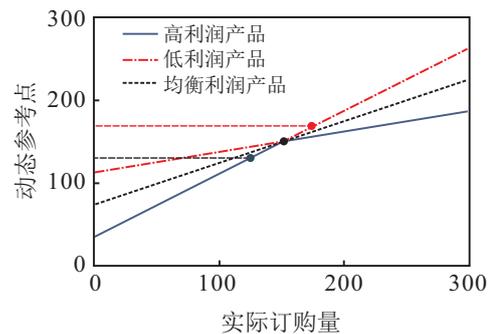


图2 不同产品中决策者心理参考点对比

2.2 决策区间划分

由定理3及仿真实验1结果可知, 决策者在低利润产品中心理参考点大于高利润产品. 为了分析决策者在整个定义域上 $q \in [a, b]$ 的实际感知效用, 本文先求出其损失/获益区间. 令损失规避系数为 λ , 效用函数为 $G(\cdot)$, 决策者的价值函数为 $U(\pi)$, 即

$$U(\pi) = \begin{cases} G(\pi - \Pi), & \pi - \Pi \geq 0; \\ -\lambda G(\Pi - \pi), & \pi - \Pi < 0. \end{cases} \quad (8)$$

其中: π 为理性报童的期望利润, 且有

$$\pi = E \pi^r(q, D);$$

Π 为以 R 为参考点的前景理论下的期望利润, 且有

$$\Pi = E \pi(R, D),$$

$$R = \int_a^\mu [\theta\mu + (1-\theta)q]f(q)dq + \int_\mu^b [(1-\theta)\mu + \theta q]f(q)dq.$$

当 $D \in U[a, b]$ 时, 则有

$$f(x) = \frac{1}{b-a},$$

$$\pi = -\frac{p}{2(b-a)}q^2 + \frac{pb-bc+ac}{b-a}q - \frac{pa^2}{2(b-a)},$$

最优订购量为

$$q^* = \frac{(p-c)(b-a)}{p} + a,$$

$$\Pi = -\frac{p}{2(b-a)}R^2 - \frac{pa^2}{2(b-a)} + \frac{pb-bc+ac}{b-a}R.$$

令 $\Delta = \pi - \Pi$, 则有

$$\Delta = \frac{q-R}{b-a} \left[\frac{pb-bc+ac}{p} - \frac{R+q}{2} \right]. \quad (9)$$

令 $\Delta = 0$, 可得决策者达到收益均衡点的条件, 即 $q_1 = R$ 或 $q_2 = \frac{2pb-2bc+2ac}{p} - R$. 因此, 决策者感知收益均衡点是关于成本与价格的函数.

由定理 2 可知, 决策者参考点的期望

$$R = \frac{\mu-a}{2(b-a)}[a(1-\theta) + \mu(1+\theta)] + \frac{b-\mu}{2(b-a)}[b\theta + (2-\theta)\mu],$$

将 $\mu = \frac{a+b}{2}$ 代入可得

$$R = \frac{1}{8}[5a + 3b - 2\theta a + 2\theta b],$$

再将 R 代入 q_2 可得

$$q_2 = \frac{1}{8}[(13b-5a) - 18\theta(b-a)].$$

已知 $a \leq q_2 \leq b$, 因此, 当 $0.27 \leq \theta \leq \frac{13b-5a}{18(b-a)}$ 时 q_2 存在, 否则决策者的收益均衡点只有 $q_1 = R$. 可见 $\theta = 0.27$ 和 $\theta = \frac{13b-5a}{18(b-a)}$ 是两个关键的节点. 因此, 本文令 $\theta_1 = 0.27$, $\theta_2 = \frac{13b-5a}{18(b-a)}$, 已知 $\theta_1 = 0.27 < 0.5$, $\theta_2 = 0.5 + \frac{2(b+a)}{9(b-a)} > 0.5$, 且由定义 2 可知, 高利润产品中 $0 < \theta_H < 0.5$, 低利润产品中 $0.5 < \theta_L < 1$, 因此, 可将 θ 划分为以下 4 个区间: $[0, \theta_1]$, $(\theta_1, 0.5]$, $(0.5, \theta_2]$, $(\theta_2, 1]$.

3 基于前景理论的订购行为分析

3.1 高利润产品中订购行为

在高利润产品中, $\theta_H \in [0, 0.5]$, 当 $0 < \theta_H < \theta_1$ 时, 决策者只有一个参考点 R , 区间 $[0, R]$ 为损失区间, 区间 $(R, b]$ 为获益区间, 获益区间长度 $\Gamma(\theta)|_{H,g} = b - R$. 当 $\theta_1 \leq \theta_H \leq 0.5$ 时, 决策者有两个参考点 R 和 q_2 , 区间 $[0, R] \cup [q_2, b]$ 为损失区间, 区间 $(R, q_2]$ 为获益区间, 获益区间长度 $\Gamma(\theta)|_{H,g} = q_2 - R$. 高利润产品中决策者获益区间长度为

$$\Gamma(\theta)|_{H,g} = \begin{cases} \frac{(b-a)}{8}(5-2\theta_H), & 0 < \theta_H \leq \theta_1; \\ \frac{5(b-a)}{4}(1-2\theta_H), & \theta_1 < \theta_H < 0.5. \end{cases} \quad (10)$$

由 $\Gamma(\theta)|_{H,g} + \Gamma(\theta)|_{H,l} = b - a$, 可得损失区间

$$\Gamma(\theta)|_{H,l} = b - a - \Gamma(\theta)|_{H,g},$$

即

$$\Gamma(\theta)|_{H,l} = \begin{cases} \frac{(b-a)}{8}(3+2\theta_H), & 0 < \theta_H \leq \theta_1; \\ \frac{(b-a)}{4}(10\theta_H-1), & \theta_1 < \theta_H < 0.5. \end{cases} \quad (11)$$

定理 4 高利润产品中, 决策者对损失/获益的感知与成本价格比显著相关. 当 $\theta_H \in [0, \theta_H^*]$ 时, 决策者的获益区间大于损失区间, 表现出风险追逐的订购行为; 当 $\theta_H \in (\theta_H^*, 0.5]$ 时, 决策者表现出风险规避的订购行为.

证明 令 $\Gamma(\theta) = \Gamma(\theta)|_{H,g} - \Gamma(\theta)|_{H,l}$, 由式 (10)、(11) 可知, 当 $0 < \theta_H \leq \theta_1$ 时

$$\Gamma(\theta) = \Gamma(\theta)|_{H,g} - \Gamma(\theta)|_{H,l} = \frac{1}{4}(b-a)(1-2\theta_H),$$

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \theta_H} = -\frac{b-a}{2} < 0,$$

可得 $\Gamma(\theta_H)$ 为减函数, 即 $\Gamma(\theta_H) \geq \Gamma(\theta_1)$; 由 2.2 节分析可知

$$\theta_1 = 0.27,$$

$$\Gamma(\theta_1) = \frac{1}{4}(b-a)(1-2\theta_1) = 0.115(b-a) > 0,$$

$$\Gamma(\theta) \geq \Gamma(\theta_1) > 0.$$

因此, 当 $0 < \theta_H < \theta_1$ 时, 可得 $\Gamma(\theta)|_{H,g} > \Gamma(\theta)|_{H,l}$. 当 $\theta_1 < \theta_H < 0.5$ 时, 令函数 $\Gamma(\theta) = 0$, 可得 $\theta_H^* = 3/10$, 且 $\theta_H^* \in [\theta_1, 0.5]$. 因此, 区间 $[\theta_1, 0.5]$ 内存在参数 θ_H^* , 使得 $\Gamma(\theta)|_{H,g} = \Gamma(\theta)|_{H,l}$. 同理, 对于 $\theta_1 < \theta_H < 0.5$ 的情况, 当 $\theta \in [\theta_1, \theta_H^*]$ 时, $\Gamma(\theta)|_{H,g} > \Gamma(\theta)|_{H,l}$, $\theta_H \in (\theta_H^*, 0.5]$ 时, $\Gamma(\theta)|_{H,g} < \Gamma(\theta)|_{H,l}$. \square

仿真实验 2 在高利润产品中, 令市场需求 $D \in U[0, 300]$, 期末残值 $s = 0$, 市场价格 $p = 12$, 生产成本 $c \in [0, 3]$, 成本价格比 $\theta_H \in [0, 0.5]$. 根据式 (10) 和 (11) 分别仿真决策者的获益区间和损失区间, 并使用多项式模拟法分别拟合出获益区间和损失区间的分布规律, 结果如图 3 所示.

经典报童模型假设决策者为风险中性, 由均值前景理论可知, 决策者的心理期望点为需求均值, 可见报童模型中决策者感知获益区间等于损失区间. 由图 3 可知, 高利润产品中, 当 $\theta_H = 0.33$ 时 ($\theta_H^* = 0.33$), 决策者的获益区间长度等于损失区间. 当 $\theta \in [0, 0.33]$ 时, 获益区间长度大于损失区间, 获益区间起主导作用,

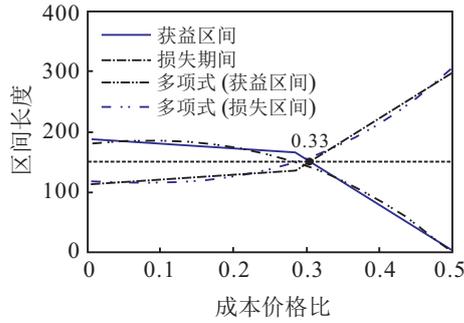


图3 决策者对损失、获益区间的认知(高利润)

决策者将表现出风险追逐的订购行为, 决策者的实际订购量将大于报童模型最优解, 该结论与报童决策偏差现象相反; 当 $\theta_H \in [0, 0.33]$ 时, 损失区间大于获益区间, 损失区间起主导作用, 决策者将表现出风险规避的订购行为, 其实际订购量将小于报童模型最优解, 该结论与报童决策偏差现象一致. 仿真实验2表明, 在高利润产品中, 当成本价格比 $\theta_H \in [0, \theta_H^*]$ 时前景理论无法解释报童决策偏差现象, 当 $\theta_H \in (\theta_H^*, 0.5]$ 时前景理论可以解释报童决策偏差现象.

3.2 低利润产品中订购行为

在低利润产品 ($\theta_L \in [0.5, 1]$) 中, 当 $0.5 < \theta_L < \theta_2$ 时, 决策者存在两个参考点 R 和 q_2 , 其中区间 $[0.5, q_2] \cup (R, 1]$ 为损失区间, 区间 $[q_2, R]$ 为获益区间, 获益区间长度 $\Gamma(\theta)|_{L,g} = R - q_2$. 当 $\theta_2 \leq \theta_L \leq 1$ 时, 决策者只有一个参考点 R , 区间 $[0.5, R]$ 为获益区间, 区间 $(R, 1]$ 为损失区间, 其中获益区间长度 $\Gamma(\theta)|_{L,g} = R$. 低利润产品中决策者获益区间长度为

$$\Gamma(\theta)|_{L,g} = \begin{cases} \frac{5(b-a)}{4}(2\theta_L - 1), & \frac{1}{2} < \theta_L \leq \theta_2; \\ \frac{1}{8}[5a + 3b + 2(b-a)\theta_L], & \theta_2 < \theta_L < 1. \end{cases} \quad (12)$$

由 $\Gamma(\theta)|_{L,g} + \Gamma(\theta)|_{L,l} = b - a$, 可得损失区间长度 $\Gamma(\theta)|_{L,l} = b - a - \Gamma(\theta)|_{L,g}$, 即

$$\Gamma(\theta)|_{L,l} = \begin{cases} \frac{(b-a)}{4}(9 - 10\theta_L), & \frac{1}{2} < \theta_L \leq \theta_2; \\ \frac{1}{8}[5b - 13a - 2(b-a)\theta_L], & \theta_2 < \theta_L < 1. \end{cases} \quad (13)$$

定理5 低利润产品中, 决策者对损失/获益的感知与成本价格比显著相关. 当 $\theta_L \in [0.5, \theta_L^*]$ 时, 决策者的获益区间小于损失区间, 表现出风险追逐的订购行为; 当 $\theta_H \in (\theta_L^*, 1]$ 时, 决策者的获益区间大于损失区间, 决策者将表现出风险规避的订购行为.

证明 采用与定理4相同的证明方法, 当 $0.5 < \theta_L \leq \theta_2$ 时, 令 $\Gamma(\theta) = 0$, 可得 $\theta_L^* = 0.7$; 对 θ_L 求一阶偏导, 可得 $\frac{\partial \Gamma}{\partial \theta_L} = 5(b-a) > 0$, 即 $\Gamma(\theta_L)$ 为增函数; 从而在区间 $\theta_L \in [0.5, \theta_2]$ 内, 不等式 $\Gamma(0.5) < \Gamma(\theta_L^*) < \Gamma(\theta_2)$ 成立. 因此当 $\theta_L \in [0.5, \theta_L^*]$ 时 $\Gamma(\theta_L) < 0$, 可得 $\Gamma(\theta)|_{L,g}$

$< \Gamma(\theta)|_{L,l}$; 当 $\theta_L \in [\theta_L^*, \theta_2]$ 时 $\Gamma(\theta_L) > 0$, 可得 $\Gamma(\theta)|_{L,g} > \Gamma(\theta)|_{L,l}$. 同理, 当 $\theta_L \in [\theta_2, 1]$ 时, 可以得到 $\Gamma(\theta)|_{L,g} > \Gamma(\theta)|_{L,l}$. \square

仿真实验3 在低利润产品中, 令市场需求 $D \in U[0, 300]$, 期末残值 $s = 0$, 市场价格 $p = 12$, 生产成本 $c \in [6, 12]$, 成本价格比 $\theta_L \in [0.5, 1]$. 根据式(12)和(13)分别仿真决策者的获益区间和损失区间, 并使用多项式模拟法分别拟合出获益区间和损失区间的分布规律, 仿真结果如图4所示.

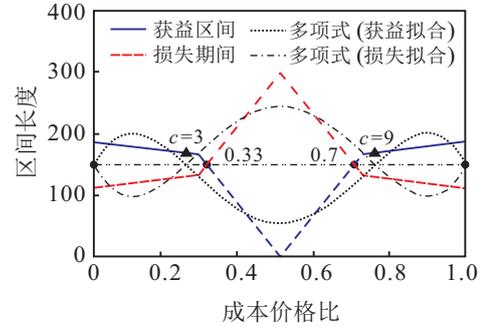


图4 在定义域上决策者感知区间分布情况

与仿真实验2结果类似, 在低利润产品中, 当 $\theta_L = 0.70$ 时 ($\theta_L^* = 0.70$), 决策者的获益区间长度等于损失区间. 当 $\theta_L \in [0, \theta_L^*]$ 时, 损失区间长度大于获益区间, 决策者将表现出风险规避的订购行为, 其实际订购量将小于报童模型最优解, 该结论与报童决策偏差现象相反; 当 $\theta_L \in [\theta_L^*, 1]$ 时, 获益区间长度大于损失区间, 决策者将表现出风险追逐的订购行为, 其实际订购量将大于报童模型最优解, 该结论与报童决策偏差现象一致. 因此, 在低利润产品中, 当成本价格比 $\theta_L \in [0.5, \theta_L^*]$ 时, 前景理论无法解释报童决策偏差现象; 当 $\theta_L \in [\theta_L^*, 1]$ 时, 前景理论可以解释报童决策偏差现象.

3.3 前景理论对报童决策偏差的适用性分析

3.3.1 区间分布

Schweitzer等^[3]通过行为实验的方法验证了 $\theta_H = 0.25$ 、 $\theta_L = 0.75$ 时决策者的实际订购行为, 指出决策者在高(低)利润产品中, 其实际订购量小于(大于)报童模型最优解. 本文通过构建决策者的参考点, 提出基于前景理论的库存决策模型, 结果发现在高、低利润产品中, 决策者对获益和损失的认知并不一致. 由仿真实验2和仿真实验3可知, 当 $\theta_H \in [0, 0.33]$ 、 $\theta_L \in [0.7, 1]$ 时, 获益区间起主导作用, 决策者的实际订购量大于报童模型最优解, 该结论与文献[20]和文献[3]的结论一致; 当 $\theta_H \in [0.33, 0.5]$ 、 $\theta_L \in [0.33, 0.5]$ 时, 损失区间起主导作用, 决策者的实际订购量小于报童模型最优解, 该结论与文献[21]的结论一致. 决策者在定义域 $\theta \in [0, 1]$ 上感知区间分布如图4所示.

3.3.2 最优订购量

3.2节主要从决策区间的角度定性研究了当 $\theta \in [0, 1]$ 时,决策者的实际订购量与报童决策偏差之间的关系,下面将前景理论与报童模型效用函数结合构建如下库存决策模型:

$$U(\pi) = -\lambda \int_a^R \frac{R-q}{b-a} \left[\frac{pb-bc+ac}{p} - \frac{R+q}{2} \right] d(w^-F(x)) + \int_R^b \frac{q-R}{b-a} \left[\frac{pb-bc+ac}{p} - \frac{R+q}{2} \right] d(w^+F(x)). \quad (14)$$

其中

$$w^-(x) = e^{-(\ln x)^\beta},$$

$$d(w^-F(x)) = \beta e^{-(\ln F(x)^\beta)} (-\ln F(x))^{\beta-1} \frac{f(x)}{F(x)};$$

$$w^+(x) = e^{-(\ln x)^\chi},$$

$$d(w^+F(x)) = \chi e^{-(\ln F(x)^\chi)} (-\ln F(x))^{\chi-1} \frac{f(x)}{F(x)}.$$

文献[20]和文献[21]等用前景理论解释报童决策偏差现象时,均假设市场需求服从均匀分布,因此本文也以均匀分布为研究对象,令 $D \in U[a, b]$,可得

$$R = \frac{1}{8}[5a + 3b - 2\theta a + 2\theta b],$$

$$d(w^-F(x)) =$$

$$\frac{\beta}{x} e^{-(\ln(x/(b-a))^\beta)} \left(-\ln \left(\frac{x}{b-a} \right) \right)^{\beta-1}.$$

由于式(14)中的概率函数十分复杂,本文采用仿真实验的方法分别验证决策者的实际订购行为。

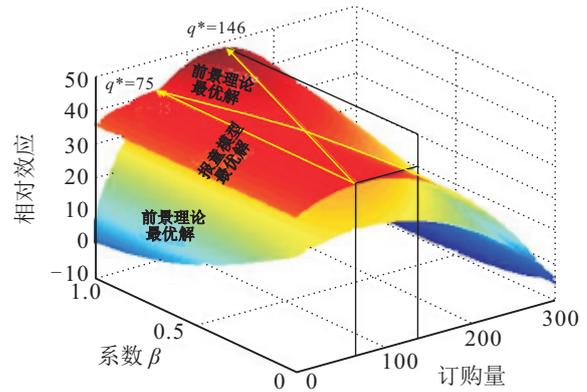
仿真实验4 在低利润产品中,令

$$\theta_L = 0.25, \omega(p) = e^{-(\ln p)^\beta}, 0 < \beta < 1;$$

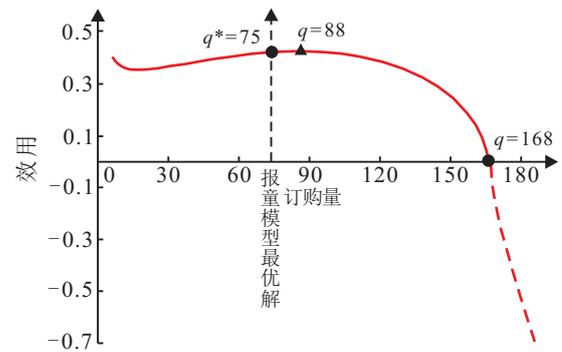
当 $\pi > 0$ 时, $u(\pi) = \pi^\alpha, 0 < \alpha < 1$; 当 $\pi < 0$ 时, $u(\pi) = -\lambda(-\pi)^\alpha, \lambda > 1$.

Nagarajan等^[20]通过仿真实验研究了效用系数 α 对实际订购行为的影响,提出 $\alpha = 0.88$ 、 $\alpha = 0.52$ 和 $\alpha = 0.37$ 为3个可行点,并且3个可行点对应的最优解没有显著差异.本文的重点是对比权重系数 β 对最优订购点分布的影响,因此,在构建仿真实验时取 $\alpha = 0.88$.人们通过大量的行为实验^[11-12,30]已测算出 $\lambda = 2.25$.本文基于Matlab仿真软件,得到如图5所示的仿真结果.

由图5(a)可知:当不考虑前景理论价值函数和权重函数时,报童模型的订购量为抛物面,最优解为 $q^* = 75$;当权重系数 β 在区间 $[0, 1]$ 之间变化时,最优解保持不变.基于前景理论的订购量呈圆锥体形,当 β 在区间 $[0, 1]$ 之间变化时,圆锥面被抛物面横切;当 $\beta = 1$ 时,两曲面交点的横坐标 $q = 75$,表明在该情况下报童模型与前景理论的最优订购量相等;随着 β 不断减小,前景理论的最优订购量逐渐增大,最大可增至 q



(a) 相对(感知)效用与权重系数、订购量的关系



(b) 前景理论最优订购量

图5 基于前景理论的最优订购量(低利润产品)

$= 146$.显然,前景理论的最优订购量要大于报童模型最优解.

为了分析在不同的取值区间($q \in [0, 300]$)上前景理论的感知效用与报童模型的期望效用的关系,同时便于与已有成果进行对比,本文在仿真实验4的基础上,令 $\beta = 0.74$ (Nagarajan等^[20]已验证了权重系数 $\beta \in [0.6, 0.88]$,本文取其均值构建仿真模型)构建仿真实验,结果如图5(b)所示.当 $\theta_L = 0.75$ 、 $\lambda = 2.25$ 、 $\alpha = 0.88$ 、 $\beta = 0.74$ 时,决策者在 $[0, 300]$ 上的感知效用呈“减小 \rightarrow 增大 \rightarrow 减小”的趋势;当 $q \in [0, 168]$ 时,感知效用为正,当 $q \in [168, 300]$ 时,感知效用为负,该结论与定理5的结论一致.同时,当 $q = 88$ 时决策者的实际感知效用最大,表明在该产品中前景理论的最优订购量大于报童模型最优解,该结论与Nagarajan等^[20]的结论相反,与Long等^[21]的结论一致.

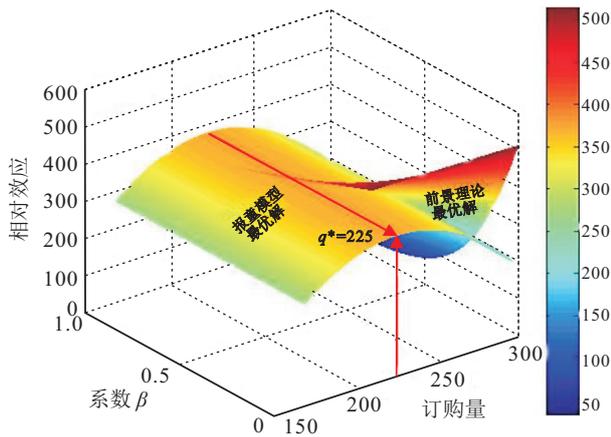
仿真实验5 在低利润产品中,令

$$\theta_H = 7.25, \omega(p) = e^{-(\ln p)^\beta}, 0 < \beta < 1;$$

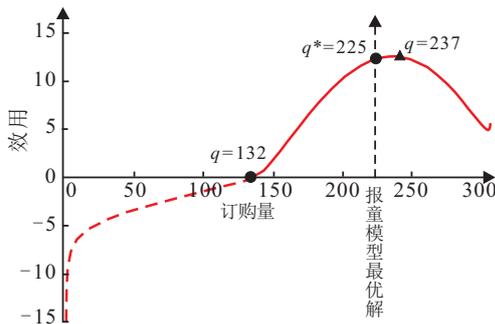
当 $\pi > 0$ 时, $u(\pi) = \pi^\alpha, 0 < \alpha < 1$; 当 $\pi < 0$ 时, $u(\pi) = -\lambda(-\pi)^\alpha, \lambda > 1$.

与仿真实验4同理,实验中令 $\lambda = 2.25$ 、 $\alpha = 0.88$,仿真结果如图6(a)所示.当不考虑前景理论价值函数和权重函数时,报童模型的订购量为抛物面,最优解为 $q^* = 225$;当权重系数 β 在区间 $[0, 1]$ 之间变化时最优解保持不变,然而基于前景理论的订购量大部分落

在报童模型最优订购解的右侧,同时随着 β 不断增大,前景理论最优订购量在不断增大.



(a) 相对(感知)效用与权重系数、订购量的关系



(b) 前景理论最优订购量

图6 基于前景理论的最优订购量(高利润产品)

与低利润产品类似,在仿真实验5的基础上令 $\beta = 0.74$ 构建仿真实验,结果见图6(b).当 $\theta_H = 0.25$ 、 $\lambda = 2.25$ 、 $\alpha = 0.88$ 、 $\beta = 0.74$ 时,决策者在 $[0, 300]$ 上的感知效用呈递增趋势;当 $q \in [0, 132]$ 时,感知效用为负,当 $q \in [132, 300]$ 时,感知效用为正,该结论与定理4的结论一致.同时,当 $q = 237$ 时,决策者的实际感知效用最大,表明在该产品中前景理论的最优订购量大于报童模型最优解,该结论与Nagarajan等^[20]的结论一致,与Long等^[21]的结论相反.

4 结 论

前景理论是行为决策领域的基础研究范式,该理论解释了大量行为管理学、经济学、金融学等学科领域中的行为现象问题.报童决策偏差现象是库存决策与行为实验结合的产物,该现象揭示了库存决策理论与实践管理行为之间的偏差,因此,研究前景理论与报童决策偏差之间的关系,有利于决策者更好地了解报童决策偏差现象的形成机理,从而提出有效的除偏对策.本文在均值前景模型的基础上,构建了心理参考点选择模型,并分析了不同产品中损失/获益区间的分布情况,主要结论如下:

1) 决策者在不同产品中存在不同的心理参考点,低利润产品中决策者的心理参考点大于高利润产品;

2) 决策者对损失/获益的感知与成本价格比显著相关,当 $\theta_H \in [0, \theta_H^*]$ 、 $\theta_H \in [\theta_L^*, 1]$ 时,决策者的感知获益区间长度大于感知损失区间,当 $\theta_H \in [\theta_H^*, 0.5]$ 、 $\theta_L \in [0.5, \theta_L^*]$ 时,决策者的感知损失区间长度大于感知获益区间;

3) 前景理论仅在部分产品中可以解释报童决策偏差现象,当 $\theta \in [\theta_H^*, \theta_L^*]$ 时,前景理论可以解释报童决策偏差现象,否则前景理论无法解释报童决策偏差现象.

报童决策偏差与前景理论之间的关系引起了大量学者的兴趣,本文对已有模型进行了扩展.本文的研究存在一些不足,例如将权重函数引入前景理论后,由于模型十分复杂,采用了传统的仿真实验方法来验证本文所提出模型与以往结论之间的关系.在接下来的研究工作中,将采用行为实验的方法进行验证.

参考文献(References)

- [1] Whiting T M. Inventory control and price theory[J]. Management Science, 1955, 2(1): 61-68.
- [2] Fisher M A Raman. Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales[J]. Operational Research, 1996, 44(1): 87-99.
- [3] Schweitzer M E, Cachon G P. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence[J]. Management Science, 2000, 46(3): 404-420.
- [4] Bolton G, Elena K. Learning by doing in the newsvendor problem: A laboratory investigation of the role of experience and feedback[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(3): 519-538.
- [5] Benzion U, Cohen Y, Peled R. Decision-making and the newsvendor problem: An experimental study[J]. J of the Operational Research Society, 2008, 59(9): 1281-1287.
- [6] Feng T J, Keller L, Zheng X L. Decision making in the newsvendor problem: Across-national laboratory study[J]. Omega, 2011, 39(1): 41-50.
- [7] Lan N, Sameer H, Neil B. Newsvendor pull-to-center reconsidered[J]. Decision Support Systems, 2014, 58(2): 68-73.
- [8] Bostian A, Holt A, Smith M. Newsvendor pull-to-center effect: Adaptive learning in a laboratory experiment[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(4): 590-608.
- [9] Su X M. Bounded rationality in newsvendor models[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(4): 566-589.
- [10] Tversky A, Kahneman D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases[J]. Science New Series, 1974, 185(4157): 1124-1131.

- [11] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. *Econometrica*, 1979, 47(2): 263-291.
- [12] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *J of Risk and Uncertainty*, 1992, 5(4): 297-323.
- [13] 刘云志, 樊治平, 李铭洋. 考虑决策者给出参照点的风险型模糊多属性决策方法[J]. *系统工程与电子技术*, 2014, 36(7): 1358-1367.
(Liu Y Z, Fan Z P, Li M Y. Method for risky fuzzy multiple-attribute decision making considering decision maker's reference points[J]. *Systems Engineering and Electronic*, 2014, 36(7): 1358-1367.)
- [14] 刘云志, 樊治平. 基于前景理论的具有指标期望的多指标决策方法[J]. *控制与决策*, 2015, 30(1): 91-97.
(Liu Y Z, Fan Z P. Multiple attribute decision making considering attribute aspirations: A method based on prospect theory[J]. *Control and Decision*, 2015, 30(1): 91-97.)
- [15] 文平. 损失厌恶的报童——预期理论下的报童问题新解[J]. *中国管理科学*, 2005, 13(6): 64-68.
(Wen P. The loss averse newsboy—The solution of newsboy problem under prospect theory[J]. *Chinese J of Management Science*, 2005, 13(6): 64-68.)
- [16] 刘咏梅, 彭民, 李立. 基于前景理论的订货问题[J]. *系统管理学报*, 2010, 19(5): 481-490.
(Liu Y M, Peng M, Li L. A study of order problem based on prospect theory[J]. *J of Systems & Management*, 2010, 19(5): 481-490.)
- [17] 周艳菊, 应仁仁, 陈晓红, 等. 基于前景理论的两产品报童的订货模型[J]. *管理科学学报*, 2013, 16(11): 18-30.
(Zhou Y J, Ying R R, Chen X H, et al. Two-product newsboy problem based on prospect theory[J]. *J of Management Sciences in China*, 2013, 16(11): 18-30.)
- [18] 刘咏梅, 成尚汶, 谢虎. 具有损失厌恶偏好零售商的供应链弹性数量契约[J]. *控制与决策*, 2012, 27(7): 975-982.
(Liu Y M, Chen S W, Xie H. Research on supply chain quantity flexibility contract with a loss-averse preference retailer[J]. *Control and Decision*, 2012, 27(7): 975-982.)
- [19] Wang C X, Webster S, Suresh N C. Would a risk-averse newsvendor order less at a higher selling price?[J]. *European J of Operational Research*, 2009, 196(2): 544-553.
- [20] Nagarajan M, Shechter S. Prospect theory and the newsvendor problem[J]. *Management Science*, 2014, 60(4): 1057-1062.
- [21] Long X Y, Nasiry J. Prospect theory explains newsvendor behavior: The role of reference points[J]. *Management Science*, 2014, 61(12): 3009-3012.
- [22] Uppari B, Hasija S. On the consistency between prospect theory and the newsvendor pull-to-center effect[R]. Hong Kong: Hong Kong University of Science and Technology, 2014.
- [23] Zhao X B, Geng W, Zhang H. Predicting the behavior of a newsvendor using prospect theory[R]. Beijing: Tsinghua University, 2014.
- [24] Zhao X B, Geng W. A note on prospect theory and the newsvendor problem[J]. *J of the Operations Research Society of China*, 2015, 3(1): 89-94.
- [25] 丁小东, 徐菱, 蒋葛夫, 等. 考虑浪费规避和损失规避偏差的零售商订购行为研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2014, 20(10): 2582-2598.
(Ding X D, Xu L, Jiang G F, et al. Retailer's order behavior by considering waste-averse preferences and stockout-averse preferences[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2014, 20(10): 2582-2598.)
- [26] 丁小东, 徐菱. 基于感知效用模型的“均值偏向”形成机理[J]. *控制与决策*, 2015, 30(7): 1171-1180.
(Ding X D, Xu L. Formation mechanism of pull to center phenomenon based on PUM[J]. *Control and Decision*, 2015, 30(7): 1171-1180.)
- [27] Katok E, Wu D Y. Contracting in supply chains: A laboratory investigation[J]. *Management Sciences*, 2009, 55(12): 1953-1968.
- [28] Kalkanci B, Chen Y, Erhun F. Contract complexity and performance under asymmetric demand information: An experimental evaluation[J]. *Management Sciences*, 2011, 57(4): 689-704.
- [29] Giorgi D, Enrico G. Loss aversion with a state-dependent reference point[J]. *Management Science*, 2011, 57(6): 1094-1110.
- [30] Slovic P, Tversky A. *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*[M]. New York: Cambridge University Press, 1982: 199-203.

(责任编辑: 曹洪武)