

基于BODS的全渠道定价与退款策略

孙月, 郝焕焕, 邱若臻
(东北大学工商管理学院, 辽宁沈阳 110169)

摘要: 针对拥有“线上购买商店配送”(buy-online-and-deliver-from-store, BODS)、“线上购买线上退货”(buy-online-and-return-online, BORO)和“商店购买”(buy in-store, BS)3种销售渠道的全渠道零售商的定价和退款策略优化问题, 分别构建了在全额退款策略和部分退款策略下的定价与退款决策模型, 确定了零售商的最优价格和退款策略. 进一步地, 分析了配送范围、不同渠道消费者比例和退至线上或商店的产品残值等因素对最优价格、退款策略以及利润的影响, 探究了零售商实施全额退款策略或部分退款策略的条件. 最后, 通过数值算例进行了验证. 结果表明, 当退至线上的产品残值小于等于退至商店的产品残值时, 部分退款策略优于全额退款策略, 反之, 商店配送范围内线上渠道消费者中选择BORO渠道的消费者比例将影响零售商的退款策略.

关键词: 全渠道; 定价与退款策略; 线上购买商店配送; 线上购买线上退货; 配送范围

中图分类号: F 253.4 文献标志码: A 文章编号: 1005-3026(2024)11-1664-09

Omnichannel Pricing and Refunding Strategies Based on BODS

SUN Yue, HAO Huan-huan, QIU Ruo-zhen

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China. Corresponding author: QIU Ruo-zhen, E-mail: rzqiu@mail.neu.edu.cn)

Abstract: The pricing and refunding decision models for a pricing and refunding problem of an omnichannel retailer with “buy-online-and-deliver-from-store” (BODS), “buy-online-and-return-online” (BORO) and “buy in-store” (BS) channels are established under the full and partial refunding strategies. The retailer’s optimal pricing and refunding strategies are determined. Furthermore, the effects of factors such as the distribution range, the proportion of consumers across channels, and the salvage value of products returned online or in-store on optimal pricing and refunding decisions as well as on the optimal profits are analyzed, and the conditions under which the retailer should implement a full or partial refunding strategy are explored. Finally, numerical studies are verified. The results show that when the salvage value of products returned online is less than or equal to that of products returned to the store, the partial refunding strategy is better. Conversely, the proportion of online consumers who choose BORO within the store distribution range will affect the retailer’s refunding strategies.

Key words: omnichannel; pricing and refunding strategies; buy-online-and-deliver-from-store; buy-online-and-return-online; distribution range

随着电子商务的快速发展, 线上购物已成为当下主流的购物方式, 但线上购物的弊端是消费者不能在购买产品前确定产品估值, 导致线上渠道的消费者大量退货, 为零售商带来高昂的退货

处理成本. 全渠道零售融合了线上和线下销售渠道, 满足了消费者日益丰富的购物需求, 比如, 消费者可以在线下商店体验产品后转到线上渠道购买, 也可以在线上渠道购买产品后转到线下商

收稿日期: 2024-02-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72302039, 72272030); 教育部人文社会科学研究项目(22YJA630064, 22YJC630123); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(N2306007, N2306010); 东北大学博士后科学基金资助项目(20220318).

作者简介: 孙月(1990-), 女, 辽宁盘锦人, 东北大学博士后研究人员; 邱若臻(1980-), 男, 山东青岛人, 东北大学教授, 博士生导师.

店退货.全渠道零售消除了传统单一线上渠道购物的弊端,减少了零售商的退货处理成本,已被零售商广泛采用.例如,沃尔玛、迪卡侬等开通了BOPS(buy-online-and-pick-up-in-store)渠道,Zara等开通了BORS(buy-online-and-return-in-store)渠道,优衣库、屈臣氏等开通了BODS渠道.

退货的普遍存在使得零售商迫切寻求合适的退款策略.当下,大部分零售商提供7天无理由退货服务,并全额退款.宽松的退货策略增加了消费者的购买信心,但为零售商带来了高昂的退货处理成本.部分零售商采取不退款策略,少数零售商如Zara对上门取货的退货产品收取8元的退货费,严格的退货策略降低了消费者的购买信心,降低了零售商的销售利润.因此,制定合适的退货策略对零售商来说至关重要.此外,制定合理的价格策略也是改善零售商运作绩效的关键,不合理的价格机制会造成消费者对于品牌的信任度降低.

目前,学者们对全渠道零售问题进行了广泛研究.文献[1-4]研究了增设BOPS渠道对零售商的影响,其中Gao等^[1]以及Hu等^[2]均从库存角度探究了开通BOPS渠道对零售商的影响.Gao等^[1]表明零售商开通BOPS渠道不总是有利的;Hu等^[2]研究表明,开通BOPS渠道对零售商是否有利受消费者的线下商店访问成本和线上购物等待成本影响;Kong等^[3]指出开通BOPS渠道对零售商是否有利受零售商的单位运营成本和消费者的购物麻烦成本影响;刘金荣等^[4]指出当网络退货率和渠道成本满足一定条件时,开通BOPS渠道对零售商有利.文献[5-7]研究了线上购物商店退货模式对零售商的影响,其中Huang等^[5]从供应链竞争视角探究了开通BORS渠道对零售商的影响,研究表明竞争环境中几乎所有零售商开通BORS渠道都是有利的;Jin等^[6]研究了竞争环境下开通BOPR(buy-online-and-return-to-physical-store)渠道对零售商的影响,结果表明零售商开设BOPR渠道不总是有利的;潘文军等^[7]研究表明提高跨渠道退货率对供应链有利.文献[8-9]研究了线上购物商店配送模式的影响,其中He等^[8]从制造商的角度探讨了开设BODS渠道的可行性;Song等^[9]探究了生鲜零售商开设BOPS和BODH(buy-online-and-deliver-to-home)渠道的条件以及两种全渠道模式的优劣性.上述研究主要探讨了不同全渠道模式对零售商(制造商)运作的影响以及不同全渠道模式的优劣性,鲜有探究

全渠道零售商(制造商)的最优定价和退款策略,即鲜有分析不同情形下零售商的最优定价策略以及何种情形下全额退款或部分退款策略更具优势.

在传统零售领域,定价和退款策略得到了学者的广泛关注和探讨.文献[10]研究了现金退款策略和礼品卡退款策略对零售商的影响.文献[11-12]研究了退货周期对零售商利润的影响.Su^[13]研究了全额退款策略和部分退款策略下零售商的最优定价策略以及两种退款策略对供应链绩效的影响.Hu等^[14]研究了供应链的库存策略和供应商的最优定价和退款策略.Huang等^[15]研究了在消费者异质性和产品质量差异下,全额退款策略、部分退款策略和不退款策略的优劣.Shang等^[16]研究了存在机会主义消费者退货时全额退款策略和部分退款策略的优劣以及两种退款策略下的最优定价决策.在全渠道零售领域,关于退款策略的研究相对较少,且这些研究鲜有将BODS策略纳入分析中.Chen等^[17]研究了单渠道和全渠道环境下全额退款策略和不退款策略的优劣.Nageswaran等^[18]研究了零售商提供跨渠道退货服务时全额退款策略和部分退款策略的优劣以及两种退款策略下零售商的最优定价策略.Mandal等^[19]研究了ESBO(experience-in-store-and-buy-online)和BORS等不同全渠道环境下零售商的最优定价与退款策略.Jin等^[20]研究了全额退款策略、部分退款策略和不退款策略下零售商的最优BOPS服务范围及定价策略.

从已有的研究可以看出,全渠道运作大多在考虑或不考虑消费者退货的情况下研究开通BOPS或BORS渠道对零售商的影响,鲜有研究关注BODS策略并探究实施此策略的零售商的最优定价与退款策略.现有全渠道相关研究鲜有考虑零售商的全渠道服务范围,多数情况下零售商仅在一定范围内提供全渠道服务,如屈臣氏和优衣库等在一定范围内提供BODS服务.由此可见,在考虑全渠道服务范围的情况下,研究实施BODS策略的全渠道零售商的定价和退款决策优化问题具有理论价值和现实意义.

综上,本文在考虑全渠道服务范围的情况下,针对开通BODS渠道的全渠道零售商提出以下研究问题:①零售商应该实施全额退款策略还是部分退款策略?影响选择的因素有哪些?②两种退款策略下,零售商如何制定最优退款和定价决策?③随着退至线上或商店的产品残值和退

款策略的变化,零售商应如何调整商店配送范围?商店配送范围、不同渠道消费者比例和退至线上或商店的产品残值对零售商的最优退款和价格策略有何影响?为解决上述问题,本文针对全额退款和部分退款两种情形,分别建立了定价与退款决策模型,确定了最优退款和定价决策.进一步地,分析了商店配送范围、不同渠道消费者比例和退货产品残值对最优退款和价格决策以及利润的影响,讨论了全额退款和部分退款策略的利弊及实施条件.最后,通过数值计算验证了文中的理论结果.

1 问题描述与模型构建

1.1 基本问题描述

考虑 1 个零售商的全渠道模式包括 BODS 渠道、BORO 渠道和 BS 渠道.基于 Hotelling 模型,假设零售商和消费者位于长度为 1 的直线空间内,零售商位于空间的 0 点,消费者在区间 $[0, 1]$ 内均匀分布,其与商店的距离记为 t .在 $[0, x]$ 范围内,零售商拥有 BORO, BODS 和 BS 3 种销售渠道;在 $[x, 1]$ 范围内,零售商拥有 BORO 和 BS 2 种销售渠道,其中, x 表示商店的最远配送距离. x 越大,商店配送范围越大.零售商的销售渠道结构如图 1 所示.

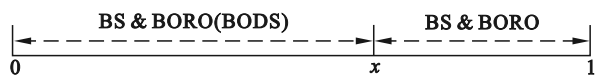


图 1 零售商的销售渠道结构

Fig. 1 Distribution channel structure of the retailer

在 $[0, x]$ 范围内,线下渠道的消费者通过 BS 渠道购买产品;线上渠道(包括 BODS 渠道和 BORO 渠道)的消费者基于期望效用最大化原则选择购买渠道.具体地,当消费者通过 BORO 渠道购买的期望效用大于通过 BODS 渠道购买的期望效用时,消费者选择 BORO 渠道;反之,选择 BODS 渠道.在 $[x, 1]$ 范围内,线下渠道和线上渠道的消费者分别通过 BS 渠道和 BORO 渠道购买产品.线上渠道和线下渠道的消费者比例分别为 $1 - \theta$ 和 θ .令 V 表示消费者对产品的感知价值(即产品估值), V 在区间 $[0, 1]$ 上服从均匀分布.

针对 BODS, BORO 和 BS 渠道,零售商采取统一定价 p .产品的单位成本为 $c, c \leq E[V] = 0.5^{[18]}$,其中, $E[\cdot]$ 表示期望算子.由于线上渠道的消费者在购买产品前无法触摸和检验产品,因此其在收

到产品后若对产品不满意则可能退货.而线下渠道的消费者由于可以零距离接触商品,因此不存在退货行为.一些商店如生鲜超市要求,如果消费者对由商店配送的产品不满意,则需退货到店.在 BODS 渠道中,假设消费者将不满意的产品退回到店,零售商提供全额退款.在 BORO 渠道中,零售商提供部分退款或全额退款,退款金额为 $r, r \leq p$.退至线上和商店的产品残值分别为 s_e 和 $s_p, s_e < c, s_p < c^{[18]}$.为探究零售商在何种情形下为退货到线上的消费者提供全额退款或部分退款更为适宜以及不同退款策略下的退款金额和销售价格,本文将在两种退款模式下分别构建定价与退款决策模型并对最优决策和利润进行比较分析.

1.2 模型构建

首先,建立零售商线上渠道的利润函数.当消费者通过线上渠道购买产品时,未享受到实体店提供的体验服务.消费者收到产品后,如果产品估值 V 大于退款,则选择不退货;反之,退货并获得退款.在 BORO 渠道中,消费者收到产品后如果不退货,则获得收益为 $V - p$,反之若退货,则获得退款 r ,收益为 $r - p$.在 BODS 渠道中,消费者收到产品后如果不退货,则获得收益为 $V - p$,反之若退货,则获得全额退款,收益为 0.基于上述分析,消费者通过 BORO 渠道和 BODS 渠道购买的期望效用可分别描述为

$$U_{BORO} = E[\max\{V, r\}] - p = \frac{1+r^2}{2} - p, \quad (1)$$

$$U_{BODS} = E[\max\{V, p\}] - p = \frac{1+p^2}{2} - p = \frac{(1-p)^2}{2}. \quad (2)$$

BORO 渠道和 BODS 渠道下零售商的利润函数可分别描述为

$$\pi_{BORO} = p - c - (r - s_e)P\{V \leq r\} = p - c - (r - s_e)r, \quad (3)$$

$$\pi_{BODS} = p - c - (p - s_p)P\{V \leq p\} = p - c - (p - s_p)p. \quad (4)$$

其中, $P\{\cdot\}$ 表示概率.

进一步地,建立零售商线下渠道的利润函数.线下渠道的消费者在确定产品估值之后决定是否购买产品.当 $V > p$ 时,消费者购买产品并获得收益 $V - p$;当 $V < p$ 时,消费者不购买产品,因此 BS 渠道下零售商的利润函数可描述为

$$\pi_s = (p - c)P\{V > p\} = (p - c)(1 - p). \quad (5)$$

1.2.1 全额退款策略下模型构建

由式(1)和式(2)可知,全额退款策略下, $U_{BORO} = U_{BODS}$,即在商店配送范围内, BORO 渠道和 BODS 渠道下消费者的期望效用相同.假设商

店配送范围内线上渠道的消费者中通过 BORO 渠道和 BODS 渠道购买产品的消费者比例分别为 α 和 $1-\alpha$, 此时, 零售商的利润函数可描述为

$$\pi_F = \int_0^x \left\{ \theta(p-c)(1-p) + (1-\theta) \left\{ \alpha [p-c-(p-s_p)p] + (1-\alpha) [p-c-(p-s_p)p] \right\} \right\} dt + \int_x^1 \left\{ \theta(p-c)(1-p) + (1-\theta) [p-c-(p-s_c)p] \right\} dt = p \left[1+c\theta+x(1-\theta)(1-\alpha)s_p+(1-x+\alpha x)(1-\theta)s_c \right] - p^2 - c. \quad (6)$$

零售商旨在寻找最优退款和定价决策 (r^*, p^*) 使式(6)最大. 在全额退款策略下 $r^* = p^*$, 因此, 全额退款策略下零售商的定价和退款决策优化问题可描述为

$$\max_p \pi_F = p \left[1+c\theta+x(1-\theta)(1-\alpha)s_p+(1-x+\alpha x)(1-\theta)s_c \right] - p^2 - c. \quad (7)$$

1.2.2 部分退款策略下模型构建

由式(1)和式(2)可知, 部分退款策略下, $U_{BORO} < U_{BODS}$, 表明在商店配送范围内, 线上渠道的消费者将通过 BODS 渠道购买产品, 此时, 零售商的利润函数可描述为

$$\pi_p = \int_0^x \left\{ \theta(p-c)(1-p) + (1-\theta) [p-c-(p-s_p)p] \right\} dt + \int_x^1 \left\{ \theta(p-c)(1-p) + (1-\theta) [p-c-(r-s_c)r] \right\} dt = (x\theta-x-\theta)p^2 + [1+c\theta+x(1-\theta)s_p]p - (1-\theta)(1-x)(r^2-s_c r) - c. \quad (8)$$

部分退款策略下, 当 BODS 渠道和 BORO 渠道下消费者的期望效用大于等于 0 (即 $\frac{1+r^2}{2} - p \geq 0$) 时, 消费者选择购买, 因此, 部分退款策略下零售商的定价和退款决策优化问题可描述为

$$\left. \begin{aligned} \max_{p,r} \pi_p &= (x\theta-x-\theta)p^2 + [1+c\theta+x(1-\theta)s_p]p - \\ &\quad (1-\theta)(1-x)(r^2-s_c r) - c. \\ \text{s.t.} \quad &p-r > 0; \\ &\frac{1+r^2}{2} - p \geq 0. \end{aligned} \right\} (9)$$

2 模型求解与分析

2.1 全额退款策略下模型求解与分析

对问题(7)求解, 可得全额退款策略下的最优价格和退款决策, 如命题 1 所示.

命题 1 全额退款策略下, 零售商的最优价格 p^* 和退款 r^* 为

$$p^* = r^* = \frac{1+c\theta+x(1-\theta)(1-\alpha)s_p+(1-x+\alpha x)(1-\theta)s_c}{2}. \quad (10)$$

相应的最优利润为

$$\pi_F^* = \frac{[1+c\theta+(1-\theta)s_c-x(1-\alpha)(1-\theta)(s_c-s_p)]^2}{4} - c. \quad (11)$$

由命题 1 可以看出, 全额退款策略下, 零售商的最优退款和定价决策受参数 $\alpha, x, \theta, s_c, s_p$ 的影响, 下面分析这些参数对零售商最优决策的影响, 见推论 1.

推论 1 在全额退款策略下, 有如下结论成立:

- 1) 如果 $s_c > s_p$, 则 $\frac{\partial p^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial r^*}{\partial \alpha} > 0, \frac{\partial p^*}{\partial x} = \frac{\partial r^*}{\partial x} < 0, \frac{\partial \pi_F^*}{\partial \alpha} > 0, \frac{\partial \pi_F^*}{\partial x} < 0;$
- 2) 如果 $s_c \leq s_p$, 则 $\frac{\partial p^*}{\partial \alpha} = \frac{\partial r^*}{\partial \alpha} \leq 0, \frac{\partial p^*}{\partial x} = \frac{\partial r^*}{\partial x} \geq 0, \frac{\partial \pi_F^*}{\partial \alpha} \leq 0, \frac{\partial \pi_F^*}{\partial x} \geq 0;$
- 3) $\frac{\partial p^*}{\partial \theta} = \frac{\partial r^*}{\partial \theta} > 0; \frac{\partial p^*}{\partial s_c} = \frac{\partial r^*}{\partial s_c} > 0; \frac{\partial p^*}{\partial s_p} = \frac{\partial r^*}{\partial s_p} > 0; \frac{\partial \pi_F^*}{\partial \theta} > 0; \frac{\partial \pi_F^*}{\partial s_c} > 0; \frac{\partial \pi_F^*}{\partial s_p} > 0.$

推论 1 表明, 全额退款策略下, 当退至线上的产品残值高于退至商店的产品残值 ($s_c > s_p$) 时, 如果线上退货的消费者数量越多 (即商店配送范围内通过 BORO 渠道购买的消费者比例 (α) 越大或商店最远配送距离 x 越小), 则越能激励零售商提高销售价格, 从而增加利润. 可见, 当退至线上的产品残值高于退至商店的产品残值时, 零售商应适当缩短商店配送距离, 采取一定的措施促进商店配送范围内线上渠道的消费者选择线上配送方式; 反之, 应延长配送距离, 采取一定的措施促进商店配送范围内线上渠道的消费者选择商店配送方式. 此外, 线下消费者比例 (θ) 越高或退货产品残值越大, 越能促使零售商提高销售价格, 进而提高利润. 因此, 零售商应采取一定的措施, 如提供赠品或提高服务质量, 促进消费者通过线下渠道购买产品, 或销售具有高残值的产品 (如质量好、品牌知名、技术创新相对较慢、市场需求稳定且维护容易的产品).

2.2 部分退款策略下模型求解与分析

对问题(9)求解, 可得部分退款策略下的最优价格和退款决策, 如命题 2 所示.

命题 2 部分退款策略下, 零售商的最优价格 p^* 和退款 r^* 分别满足式(12)和式(13):

$$p^* = \begin{cases} \frac{r^{*2}+1}{2}, & x < \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}; \\ \frac{1+c\theta+x(1-\theta)s_p}{2(x+\theta-x\theta)}, & x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}. \end{cases} \quad (12)$$

$$r^* = \begin{cases} r_a^*, & x < \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}; \\ \frac{s_c}{2}, & x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}. \end{cases} \quad (13)$$

其中, $r_a^* = \left\{ r^* \left[(x+\theta-x\theta)r^{*3} + [(1-x)(1-\theta)-c\theta-x(1-\theta)s_p] \times r^* - (1-\theta)(1-x)s_c = 0 \right] \right\}$.

相应的最优利润为

$$\pi_p^* = \begin{cases} \left\{ (x\theta-x\theta)r^{*4} + 2[c\theta+x(1-\theta)s_p - (1-x)(1-\theta)]r^{*2} + 4(1-x)(1-\theta)s_c r^* + (1-x)(1-\theta) + 1 + 2c\theta + 2x(1-\theta)s_p - 4c \right\} / 4, & x < \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}; \\ \left\{ [1+c\theta+x(1-\theta)s_p]^2 + (x+\theta-x\theta)(1-x)(1-\theta)s_c^2 - 4c(x+\theta-x\theta) \right\} / 4(x+\theta-x\theta), & x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}. \end{cases} \quad (14)$$

进一步分析参数 x, θ, s_c 和 s_p 对部分退款策略下零售商的最优退款和定价决策的影响, 有如下推论成立. 为便于描述, 令 $s_{p_1} = \frac{r^{*3}+s_c-r^*}{r^*}$,

$$s_{p_2} = \frac{3(x+\theta-x\theta)r^{*2} + (1-x)(1-\theta) - c\theta}{x(1-\theta)},$$

$$s_{p_3} = \frac{(1-x)(r^* - r^{*3} - s_c) + cr^*}{xr^*}, \quad s_{p_4} = \frac{r^{*4} - 2r^{*2} + 4s_c r^* + 1}{2(r^{*2} + 1)},$$

$$s_{p_5} = \frac{(x-1)r^{*4} + 2[1+c-x(1+s_p)]r^{*2} - 1 + x + 2c - 2xs_p}{4(1-x)r^*},$$

$$\alpha_{1,2} = \left(\pm \sqrt{\frac{[1+c\theta+x(1-\theta)s_p]^2}{x+\theta-x\theta} + (1-\theta)(1-x)s_c^2} - \frac{[1+c\theta+(1-\theta)(1-x)s_c+x(1-\theta)s_p]}{x(1-\theta)(s_c-s_p)} \right),$$

$$\hat{\alpha}_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4\pi_p^* + 4c - [1+c\theta+(1-\theta)(1-x)s_c+x(1-\theta)s_p]}}{x(1-\theta)(s_c-s_p)}.$$

推论 2 部分退款策略下, 当 $x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$ 时, 有

$$1) \frac{\partial p^*}{\partial x} < 0, \frac{\partial p^*}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial p^*}{\partial s_c} = 0, \frac{\partial p^*}{\partial s_p} > 0;$$

$$2) \frac{\partial r^*}{\partial x} = 0, \frac{\partial r^*}{\partial \theta} = 0, \frac{\partial r^*}{\partial s_c} = \frac{1}{2}, \frac{\partial r^*}{\partial s_p} = 0;$$

$$3) \frac{\partial \pi_p^*}{\partial x} < 0, \frac{\partial \pi_p^*}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial \pi_p^*}{\partial s_c} > 0, \frac{\partial \pi_p^*}{\partial s_p} > 0.$$

由 $x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$ 可知, $s_c > s_p$, 即相较于

于退货到线上, 退货到店给零售商造成的损失更大. 推论 2 表明, 部分退款策略下, 当商店最远配送距离 (x) 较大时, 随着 x 的增加, 退货到线上的消费者数量减少, 从而降低了线上退货给零售商造成的利润损失, 促使零售商降低价格 p^* , 但未改变退款 r^* , 导致利润降低. 可见, 在部分退款策略下, 当商店配送范围较大时, 零售商应缩短配送距离, 激发消费者线下渠道的购买欲望. 此外, 线下消费者比例 (θ) 越高, 越能诱使零售商提高价格, 但未改变退款 r^* , 使得 BS 渠道下的零售商利润大幅增加, 总利润增加. 因此, 在部分退款策略下, 零售商应鼓励消费者光顾实体店. 退至实体店的产品残值 s_p 越高, 零售商越应提高价格, 不改变退款 r^* ; 退至线上的产品残值 s_c 越高, 零售商越应提高退款 r^* , 不改变价格. 研究发现, 较高的退货产品残值可使零售商受益.

推论 3 部分退款策略下, 当 $x < \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$ 时, 有

$$1) \text{ 当 } \min \{s_{p_1}, s_{p_2}\} \leq s_p \leq \max \{s_{p_1}, s_{p_2}\} \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial x} \geq 0,$$

$$\frac{\partial p^*}{\partial x} \geq 0; \text{ 当 } 0 < s_p < \min \{s_{p_1}, s_{p_2}\} \text{ 或 } \max \{s_{p_1}, s_{p_2}\} < s_p < c \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial x} < 0, \frac{\partial p^*}{\partial x} < 0;$$

$$2) \text{ 当 } 0 < s_p < \min \{s_{p_2}, s_{p_3}\} \text{ 或 } \max \{s_{p_2}, s_{p_3}\} < s_p < c \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial p^*}{\partial \theta} > 0; \text{ 当 } \min \{s_{p_2}, s_{p_3}\} \leq s_p \leq \max \{s_{p_2}, s_{p_3}\} \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial \theta} \leq 0, \frac{\partial p^*}{\partial \theta} \leq 0;$$

$$3) \text{ 当 } 0 < s_p \leq s_{p_2} \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial s_c} \geq 0, \frac{\partial p^*}{\partial s_c} \geq 0; \text{ 当 } s_{p_2} < s_p < c \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial s_c} < 0, \frac{\partial p^*}{\partial s_c} < 0;$$

$$4) \text{ 当 } 0 < s_p \leq s_{p_2} \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial s_p} \geq 0, \frac{\partial p^*}{\partial s_p} \geq 0; \text{ 当 } s_{p_2} < s_p < c \text{ 时, } \frac{\partial r^*}{\partial s_p} < 0, \frac{\partial p^*}{\partial s_p} < 0;$$

$$5) \text{ 当 } 0 < s_p < s_{p_4} \text{ 时, } \frac{\partial \pi_p^*}{\partial x} < 0; \text{ 当 } s_{p_4} \leq s_p < c \text{ 时, } \frac{\partial \pi_p^*}{\partial x} \geq 0; \text{ 当 } 0 < s_c \leq s_p \text{ 时, } \frac{\partial \pi_p^*}{\partial \theta} \geq 0; \text{ 当 } s_{p_5} < s_c < c \text{ 时,}$$

$$\frac{\partial \pi_p^*}{\partial \theta} < 0; \frac{\partial \pi_p^*}{\partial s_c} > 0; \frac{\partial \pi_p^*}{\partial s_p} > 0.$$

推论 3 表明,当商店的最远配送距离较近(x 较小)时,如果退至商店的产品残值 s_p 维持在适中水平,则退货到店给零售商造成的损失不会随着配送范围的增加而大幅增加,因此,随着 x 的增加,零售商会适当增加退款 r^* ,以期提高通过 BORO 渠道购买的消费者效用,但为了提高利润,也相应地提高了价格 p^* . 然而,如果退至商店的产品残值比较低或比较高,则零售商的退款和价格决策随着配送范围的增加而减小,以吸引更多的消费者转向线下购物,并防止客户流失. 全渠道零售商退款 r^* 和价格 p^* 随着线下消费者比例(θ)的变化呈现与推论 3 中 1) 相反的趋势. 当退至商店的产品残值 s_p 较大或较小时,线下消费者比例越高越能促使零售商增加退款 r^* 和价格 p^* ,而当残值 s_p 适中时,线下消费者比例的增加反而降低了零售商退款和价格决策. 特别地,在退至商店的产品残值较低的情况下,通过两种退货渠道退货的产品残值越高,越能诱使零售商制定较高的退款和定价决策;而当退至商店的产品仍具有较高残值时,两种退货渠道中产品残值的进一步增加反而会降低零售商退款和定价决策. 当考察零售商利润随相关参数的变化情况时发现,退至商店的产品残值越低,零售商越应缩短配送范围,从而为线下商店拓客引流;反之,则应扩大配送范围,向线上引流. 此外,当线上退货的产品残值较低(高)时,线下渠道消费者比例的增加会提高(降低)零售商利润. 不管在何种条件下,较高的退货产品残值总能改进零售商利润.

下面进一步分析在何种条件下部分退款或全额退款策略更为适宜,结果如命题 3 所述.

命题 3 1) 当 $x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$ 时,如果 $\alpha < \alpha_1$, 则部分退款策略优于全额退款策略;如果 $\alpha > \alpha_1$, 则全额退款策略优于部分退款策略.

2) 当 $x < \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$ 时,如果 $s_c > s_p$, 则当 $\alpha < \hat{\alpha}_1$ 时,部分退款策略优于全额退款策略,当 $\alpha \geq \hat{\alpha}_1$ 时,全额退款策略优于部分退款策略;如果 $s_c \leq s_p$, 则部分退款策略优于全额退款策略.

由命题 3 可见,当商店配送范围较大($x \geq \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$)时, $s_c > s_p$, 即退货到线上比退货到店给零售商造成的损失小. 由于部分(全额)

退款策略下商店配送范围内的消费者将产品退至商店(商店或线上),因此,直观上全额退款策略应该优于部分退款策略,但当商店配送范围内通过 BORO 渠道购买的消费者比例(α)较小时,全额退款策略未能带来比部分退款策略更高的利润,所以,部分退款策略是最佳选择. 全额退款策略下零售商的利润随着在商店配送范围内通过 BORO 渠道购买的消费者比例(α)的增加而增加(见推论 1),而部分退款策略下零售商的利润与 α 无关,因此,随着 α 的增加,全额退款策略逐渐优于部分退款策略. 当商店配送范围较小($x < \frac{4+4c\theta-4\theta-\theta s_c^2}{(1-\theta)(4+s_c^2-4s_p)}$)时,如果退至线上的产品残值高于退至商店的产品残值,则可给出与由命题 3 中 1) 相同的退款策略建议;反之,部分退款策略更有益于零售商.

3 数值分析

为了更直观地展示前文得到的理论结果,针对问题(7)和问题(9)进行数值计算. 首先,分析参数 x 确定的情形下 α 和 θ 对全额退款策略和部分退款策略下零售商最优决策及利润的影响;其次,分析参数 θ 确定的情形下 α 和 x 对全额退款策略和部分退款策略下零售商最优决策及利润的影响;最后,分析随着参数 α, θ 和 x 的变化,零售商的全额退款策略和部分退款策略的优劣. 模型参数赋值为: $c=0.35, x=0.7, s_c=0.3, s_p=0.2, \theta=0.5$.

3.1 α 和 θ 对最优退款和定价决策及利润的影响

为了分析 α 和 θ 对全额退款策略和部分退款策略下零售商最优决策及利润的影响,令 θ 以 0.1 为步长从 0 增至 1.0, α 取值为 0.3, 0.5 和 0.7. 分别考虑 $s_c > s_p$ 和 $s_c \leq s_p$ 2 种情况,这 2 种情况下参数 (s_c, s_p) 的值分别为: $(s_c, s_p) = (0.3, 0.2)$ 和 $(s_c, s_p) = (0.2, 0.3)$.

1) 当 $s_c > s_p$ 时, α 和 θ 对最优退款和定价决策及利润的影响. 当 $s_c > s_p$ 时,不同 α 和 θ 下的最优退款和价格决策及利润如图 2 所示. 由图 2 可知,全额退款策略下,当 θ 一定时,最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_F^* 随着 α 的增加而增加,与推论 1 中 1) 一致;当参数 α 一定时,最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_F^* 随着 θ 的增加而增加,与推论 1 中 3) 一致. 部分退款策略下,最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_P^* 均随着 θ 的增加而增加,与推论 3 一致.

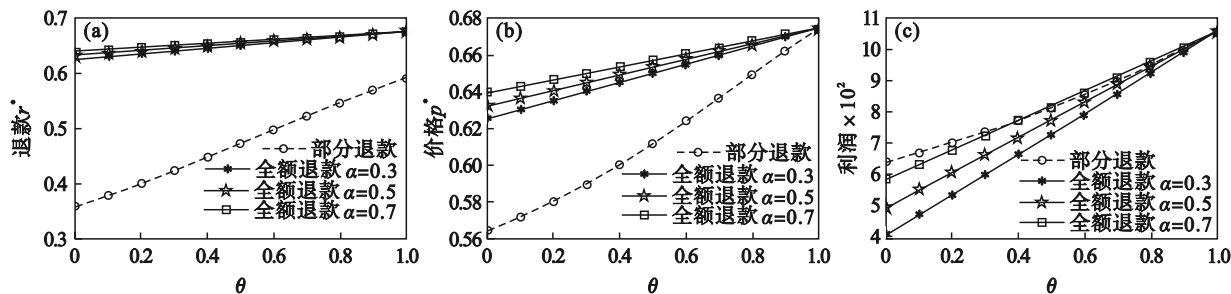


图2 当 $s_e > s_p$ 时不同 α 和 θ 下的最优退款 r^* 和价格 p^* 及利润

Fig. 2 Optimal refunds r^* , prices p^* and profits for different values of α and θ when $s_e > s_p$

(a)—最优退款 r^* ; (b)—最优价格 p^* ; (c)—最优利润.

2) 当 $s_e \leq s_p$ 时, α 和 θ 对最优退款和定价决策及利润的影响. 当 $s_e \leq s_p$ 时, 不同 α 和 θ 下的最优退款和价格决策及最优利润见图 3. 由图 3 可知, 全额退款策略下, 当 θ 一定时, 随着 α 的增加, 最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_p^* 均呈现递减趋势, 与推论 1 中 2) 一致; 当 α 一定时, 随着 θ 的增加, 最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_p^* 均呈现递增趋势, 与推论 1 中 3) 一致. 部分退款策略下, 随着 θ 的增加, 最优退款 r^* , 价格 p^* 呈现递增趋势, 利润 π_p^* 呈现先减小后增加趋势, 与推论 3 一致.

上述结论表明, α 和 θ 影响着零售商的最优决策和利润. 当 α 和 θ 变化时, 零售商应及时调整退款和定价策略. 特别地, 全额退款策略下, 零售商应采取一定的营销策略促进消费者通过线下渠道购买产品; 当 θ 一定时, 若 $s_e > s_p$, 零售商应采取一定的营销策略促进 $[0, x]$ 范围内线上渠道的消费者通过 BORO 渠道购买产品; 反之, 应采取一定的营销策略促进 $[0, x]$ 范围内线上渠道的消费者通过 BODS 渠道购买产品.

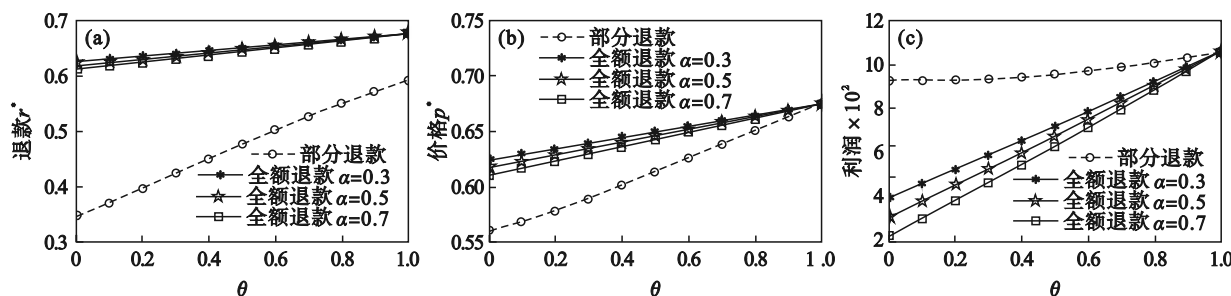


图3 当 $s_e \leq s_p$ 时不同 α 和 θ 下的最优退款 r^* 和价格 p^* 及利润

Fig. 3 Optimal refunds r^* , prices p^* and profits for different values of α and θ when $s_e \leq s_p$

(a)—最优退款 r^* ; (b)—最优价格 p^* ; (c)—最优利润.

3.2 α 和 x 对最优退款和定价决策及利润的影响

进一步分析 α 和 x 对全额退款策略和部分退款策略下零售商的最优决策和利润的影响, 其中, x 以 0.1 为步长从 0 增至 1.0. 分别考虑 $s_e > s_p$ 和 $s_e \leq s_p$ 两种情况, 参数 α, s_e, s_p 的值同 3.1 节.

1) 当 $s_e > s_p$ 时, α 和 x 对最优退款和定价决策及利润的影响. 当 $s_e > s_p$ 时, α 和 x 对零售商最优决策和利润的影响见图 4. 由图 4 可知, 全额退款策略下, 当 α 一定时, 最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_p^* 随着 x 的增加而减小; 当 x 一定时, 结果与 3.1 节中 $s_e > s_p$ 情况下 θ 一定值时的结果一致. 部分退款策略下, 最优退款 r^* 和价格 p^* 随着 x 的增加而增

加, 利润 π_p^* 随着 x 的增加而减小, 与推论 3 一致.

2) 当 $s_e \leq s_p$ 时, α 和 x 对最优退款和定价决策及利润的影响. 当 $s_e \leq s_p$ 时, α 和 x 对零售商最优决策和利润的影响见图 5. 由图 5 可知, 全额退款策略下, 当 α 一定时, 随着 x 的增加, 最优退款 r^* , 价格 p^* 和利润 π_p^* 均呈现递增趋势; 当 x 一定时, 结果与 3.1 节中 $s_e \leq s_p$ 情况下 θ 为定值时的结果一致. 部分退款策略下, 随着 x 的增加, 最优退款 r^* , 价格 p^* 均呈现递增趋势, 而利润 π_p^* 呈现递减趋势, 与推论 3 一致.

上述结论表明, 面对 α 和 x 的变化, 零售商应及时调整退款和定价策略. 特别地, 全额退款策略下, 当 α 一定时, 若 $s_e > s_p$, 零售商应该缩小商店

配送范围;若 $s_e \leq s_p$, 零售商应扩大商店配
送范围;当 x 一定时,若 $s_e > s_p$, 零售商应采取一定的营

销策略促进 $[0, x]$ 范围内线上渠道的消费者选择
BORO 渠道;反之,促进其选择 BODS 渠道.

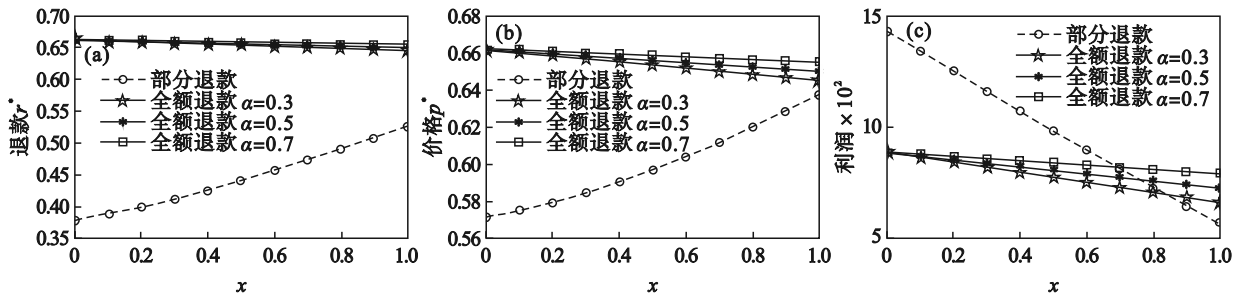


图 4 当 $s_e > s_p$ 时不同 α 和 x 下的最优退款 r^* 和价格 p^* 及利润

Fig. 4 Optimal refunds r^* , prices p^* and profits for different values of α and x when $s_e > s_p$

(a)—最优退款 r^* ; (b)—最优价格 p^* ; (c)—最优利润.

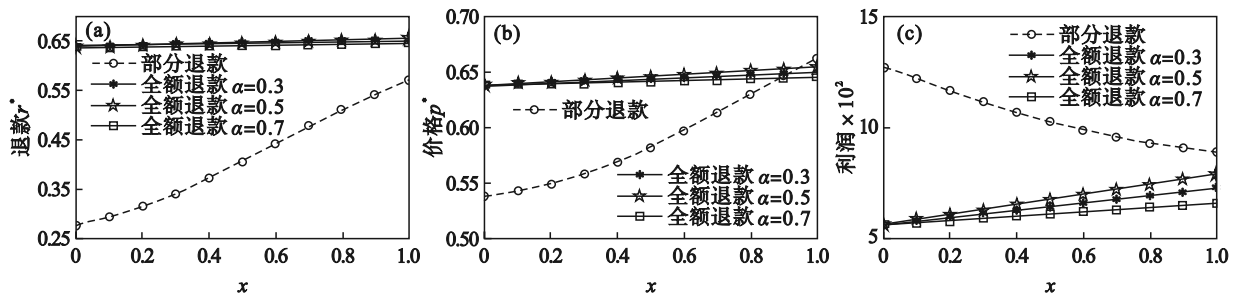


图 5 当 $s_e \leq s_p$ 时不同 α 和 x 下的最优退款 r^* 和价格 p^* 及利润

Fig. 5 Optimal refunds r^* , prices p^* and profits for different values of α and x when $s_e \leq s_p$

(a)—最优退款 r^* ; (b)—最优价格 p^* ; (c)—最优利润.

3.3 α, θ 和 x 对零售商退款策略的影响

分别分析参数 α 和 θ 以及 α 和 x 对零售商最
优退款策略的联合影响.

1) α 和 θ 对零售商退款策略的影响. 为了分
析 α 和 θ 对零售商最优退款策略的影响, 令 θ 以
0.1 为步长从 0 增至 1.0, 结果如图 6 所示. 由图 6
可知, 当 α 小于阈值时, 部分退款策略优于全额退
款策略; 当 α 大于阈值时, 全额退款策略优于部分
退款策略. 随着 θ 的增加, α 的阈值呈现减小趋势.

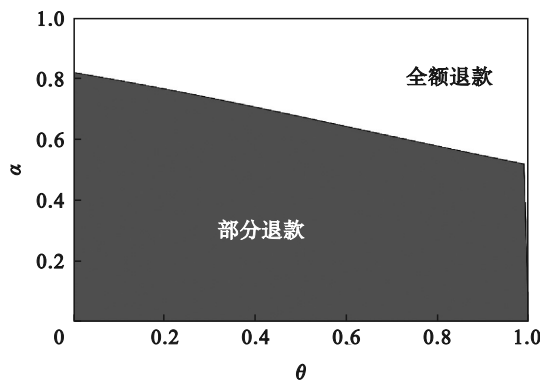


图 6 不同 α 和 θ 下的最优退款策略

Fig. 6 Optimal refunding strategies with different values of α and θ

2) α 和 x 对零售商最优退款策略的影响. 为
了分析 α 和 x 对零售商最优退款策略的影响, 令 x
以 0.1 为步长从 0 增至 1.0, 结果如图 7 所示. 由图
7 可知, 当 α 低于阈值时, 部分退款策略优于全额
退款策略; 当 α 高于阈值时, 全额退款策略优于部
分退款策略. 随着 x 的增加, α 的阈值呈现减小趋
势. 该结论表明, 参数 α, θ, x 影响零售商的最优退
款策略, 零售商应该根据相关参数的变化及时调
整退款策略.

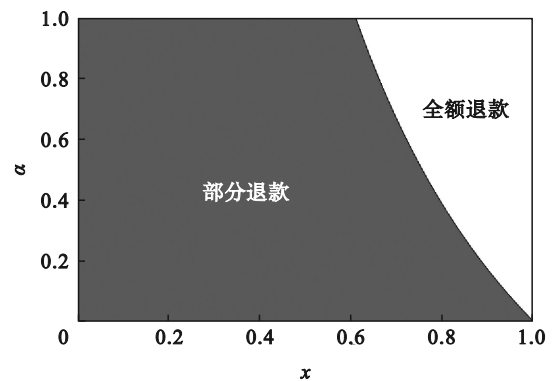


图 7 不同 α 和 x 下的最优退款策略

Fig. 7 Optimal refunding strategies with different values of α and x

4 结 论

1) 当退至线上的产品残值大于退至商店的产品残值时,如果商店配送范围内线上渠道的消费者中选择 BORO 渠道的消费者较少,则零售商应实施部分退款策略;反之,应实施全额退款策略.当退至线上的产品残值小于退至商店的产品残值时,零售商应实施部分退款策略.

2) 全额退款策略下,如果退至线上的产品残值大于退至商店的产品残值,则零售商应适当缩短商店配送范围,采取一定的措施激励商店配送范围内线上渠道的消费者选择线上配送方式;反之,应扩大商店配送范围,激励商店配送范围内线上渠道的消费者选择商店配送方式.此外,线下商店应积极采取多种引流手段,引导消费者在店内购买产品.

3) 部分退款策略下,当商店配送范围较大时,零售商应缩短商店配送范围,激发消费者线下渠道的购买欲望;当商店配送范围较小时,如果退至商店的产品残值较低,则零售商应缩短商店配送范围,引导消费者店内购物,反之,应扩大商店配送范围,引导消费者线上购物.

4) 零售商宜销售残值较高的产品,如具备卓越品质、享有广泛品牌知名度、技术创新相对缓慢、市场需求稳定且易于维护的产品.

参考文献:

- [1] Gao F, Su X M. Omnichannel retail operations with buy-online-and-pick-up-in-store [J]. *Management Science*, 2017, 63(8): 2478-2492.
- [2] Hu M, Xu X L, Xue W L, et al. Demand pooling in omnichannel operations [J]. *Management Science*, 2022, 68(2): 883-894.
- [3] Kong R X, Luo L, Chen L X, et al. The effects of BOPS implementation under different pricing strategies in omnichannel retailing [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2020, 141: 102014.
- [4] 刘金荣, 徐琪, 陈啟. 考虑网络退货和渠道成本时全渠道 BOPS 定价与服务决策 [J]. *中国管理科学*, 2019, 27(9): 56-67.
(Liu Jin-rong, Xu Qi, Chen Qi. Pricing and service decision of omni-channel BOPS: considering online return and channel cost [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(9): 56-67.)
- [5] Huang M, Jin D L. Impact of buy-online-and-return-in-store service on omnichannel retailing: a supply chain competitive perspective [J]. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2020, 41: 100977.
- [6] Jin D L, Caliskan-Demirag O, Chen F Y, et al. Omnichannel retailers' return policy strategies in the presence of competition [J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 225: 107595.
- [7] 潘文军, 缪林. 考虑跨渠道退货的双渠道闭环供应链决策研究 [J]. *中国管理科学*, 2020, 28(6): 112-122.
(Pan Wen-jun, Miao Lin. Decision making of double channel closed loop supply chain considering cross-channel returns [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2020, 28(6): 112-122.)
- [8] He P, He Y, Xu H. Buy-online-and-deliver-from-store strategy for a dual-channel supply chain considering retailer's location advantage [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2020, 144: 102127.
- [9] Song Y, Fan T J, Tang Y W, et al. Omni-channel strategies for fresh produce with extra losses in-store [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021, 148: 102243.
- [10] Fan H R, Khouja M, Zhou J. Design of win-win return policies for online retailers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 301(2): 675-693.
- [11] Khouja M, Ajjan H, Liu X. The effect of return and price adjustment policies on a retailer's performance [J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 276(2): 466-482.
- [12] Ertekin N, Agrawal A. How does a return period policy change affect multichannel retailer profitability? [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2021, 23(1): 210-229.
- [13] Su X M. Consumer returns policies and supply chain performance [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2009, 11(4): 595-612.
- [14] Hu W, Li Y J, Govindan K. The impact of consumer returns policies on consignment contracts with inventory control [J]. *European Journal of Operational Research*, 2014, 233(2): 398-407.
- [15] Huang X, Zhang D. Service product design and consumer refund policies [J]. *Marketing Science*, 2020, 39(2): 366-381.
- [16] Shang G Z, Ghosh B P, Galbreth M R. Optimal retail return policies with wardrobing [J]. *Production and Operations Management*, 2017, 26(7): 1315-1332.
- [17] Chen B T, Chen J. When to introduce an online channel, and offer money back guarantees and personalized pricing? [J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 257(2): 614-624.
- [18] Nageswaran L, Cho S H, Scheller-Wolf A. Consumer return policies in omnichannel operations [J]. *Management Science*, 2020, 66(12): 5558-5575.
- [19] Mandal P, Basu P, Saha K. Forays into omnichannel: an online retailer's strategies for managing product returns [J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 292(2): 633-651.
- [20] Jin M, Li G, Cheng T C E. Buy online and pick up in-store: design of the service area [J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 268(2): 613-623.