

基于博弈论的废旧电子产品逆向物流模式决策研究

孙 磊, 刘华琼

山东交通学院交通与物流工程学院, 山东 济南

收稿日期: 2024年12月1日; 录用日期: 2024年12月12日; 发布日期: 2025年1月15日

摘 要

为研究以旧换新回收策略下的废旧电子产品逆向物流模式最优决策问题, 建立制造商自营回收、零售商辅助回收及第三方回收商辅助回收三种不同的逆向物流博弈模型, 通过求解对比分析不同回收模式下的利润、回收量以及以旧换新策略对逆向物流的影响。结果表明, 当处理成本相等时, 由制造商自营回收对整个逆向物流效益更有益, 对制造商自身也有正向影响; 当处理成本不等时, 在不同的情况下, 不同的逆向物流模式利润大小不同。但无论在哪一种回收模式下, 回收商以旧换新策略水平、回收量都与回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数正相关。

关键词

废旧电子产品, 逆向物流, 以旧换新, 博弈论

Research on the Decision-Making in Reverse Logistics Mode of Waste Electronic Products Based on Game Theory

Lei Sun, Huaqiong Liu

School of Transportation and Logistics Engineering, Shandong Jiaotong University, Jinan Shandong

Received: Dec. 1st, 2024; accepted: Dec. 12th, 2024; published: Jan. 15th, 2025

Abstract

For the study of the trade-in recycling strategy of reverse logistics mode of waste electronic products' optimal decision problem, establish manufacturers proprietary recycling, retailers auxiliary recycling and third-party recyclers auxiliary recycling three different reverse logistics game model,

through the comparative analysis of different recovery mode of profit, recycling and the influence of the strategy of reverse logistics. The results show that when the processing cost is equal, the proprietary recovery is more beneficial to the whole reverse logistics benefit and has a positive impact on the manufacturer itself, and when treatment costs are unequal, different reverse logistics modes have different profits in different situations. However, no matter under which recycling mode, the level and amount of the recycling strategy are positively correlated with the influence coefficient of the old-in strategy on the recycling amount.

Keywords

Waste Electronic Products, Reverse Logistics, Old for New, Game Theory

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

据统计指出, 2023 年首批目录产品理论报废量预计达到 2.6 亿台, 回收率为 37.17%, 相较于前一年增长了 3.72% [1]。尽管回收率有所提高, 但整体水平仍然偏低, 这表明我们需要进一步完善废旧电子产品的回收系统, 以减少资源的浪费。2024 年 3 月, 国务院出台了《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》, 提出了设备更新、消费品以旧换新、回收循环利用、标准提升等“四大行动” [2]。此外, 国家发改委和财政部联合发布了《关于加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施》, 计划投入约 3000 亿元的超长期特别国债资金, 以支持大规模设备更新和消费品以旧换新 [3]。政府工作报告也强调了 2024 年政府将鼓励和推动消费品以旧换新政策 [4]。这些政策的出台旨在促进我国循环经济和绿色低碳的高质量发展。随着政策的推进, 电子产品制造商也积极参与到以旧换新的活动中。在这个过程中, 选择合适的逆向物流模式成为了制造商需要考虑的新挑战, 他们可以选择自行回收、通过零售商回收或者转交专业的第三方进行回收。

近年来, 众多学者对废旧电子产品逆向物流问题进行了大量研究。在闭环供应链管理方面, Xiao 等研究了单一寡头下的生产商的第二手产品定价策略和以旧换新策略 [5]。LIU 等考虑了线上平台, 构建了双渠道闭环供应链决策模型, 分析了在双重竞争下制造商和零售商定价决策 [6]。郭婷婷等针对制造商实施企业社会责任投入的闭环供应链, 在规模不经济的背景下, 研究了制造商回收、零售商回收和第三方回收的定价与 CSR 投入决策及回收渠道选择策略 [7]。赵秀堃等建立了由生产商、零售商、回收联盟和第三方回收商参与的 Stackelberg 博弈模型, 研究无 EPR 的生产商自主回收, 考虑 EPR 的联盟回收和考虑 EPR 的第三方回收三种模式下废旧电子产品回收决策问题 [8]。方晗炜和李慧嘉研究了基于竞争型再制造商的闭环供应链网络设计和弹性管理, 提出逆向回收网络模型, 并探讨了供应链弹性管理方法, 以及不同因素对网络设计的影响 [9]。周岩等通过模拟随机需求并应用均衡理论, 研究了闭环供应链网络中各成员的最优策略 [10]。宋敏从能力分配、定价、渠道选择和纵向控制结构等方面, 探讨了闭环供应链回收策略的优化问题, 研究提供了模糊环境下供应链优化的协商方法和策略 [11]。李鹏宇将政府补贴下的单渠道回收模式与混合渠道回收模式中的最佳回收模式进行对比, 得出有政府补贴的混合渠道回收模式八为最佳回收模式 [12]。在以旧换新回收策略方面, Chirantan 等在收集方式不同的基础上分别建立制造商集成和分散模型, 研究零售商 CSR 努力对闭环供应链成员最优决策的影响 [13]。Sun 等分析闭环供应链回收系统中的不同因素, 如渠道、公平关切、消费者偏好等, 对供应链上各成员决策和收益的影响 [14]。李丹等构

建了“以旧换新”“以旧换再”交互下的闭环供应链博弈模型,分析零售商实施“以旧换新”策略基础上,制造商或零售商加以实施“以旧换再”策略对供应链绩效的影响[15]。张喜征等构建了考虑消费者预期后悔行为的两阶段博弈模型,研究了科技企业在提供以旧换新服务时的最优定价策略[16]。杨爱峰等假设垄断制造商向老顾客提供4种回购支付形式的以旧换新服务,建立4种不同回购支付形式下的以旧换新数学模型,以决策制造商最优的新品价格、旧品回购支付价格和支付形式[17]。王竟竞等研究了回收目标责任制下闭环供应链的最优决策及以旧换新策略选择问题,考虑了回收目标责任制对制造商的回收约束[18]。卢茂盛等在建立Stackelberg博弈模型时将市场需求的不确定性作为影响因素,构建了制造商领导、零售商追随的以旧换新闭环供应链博弈模型,从风险规避者、以旧换新服务提供者两个维度构建多个分析模型,研究决策主体的风险规避水平对以旧换新策略选择的影响[19]。唐飞等构建了制造商领导、零售商追随的博弈模型,研究不同主体提供以旧换新服务并独立承担成本时均衡解的分析比较,由此判断应由哪一主体承担以旧换新服务[20]。

综上所述,闭环供应链管理的研究已经涵盖了广泛的领域,而逆向物流模式的选择对于闭环供应链的效率和效果至关重要。因此,本文通过分析制造商委托不同主体实行以旧换新回收策略下的逆向物流模式,考虑以旧换新回收策略的实行对回收量的影响,帮助制造商分析逆向物流模式选择的问题。

2. 问题描述及模型假设

2.1. 问题描述

Table 1. Model parameter symbols and instructions
表 1. 模型参数符号及说明

参数符号	说明
i	$i = m, r, t$ 分别代表电子产品制造商、零售商及第三方回收商负责的逆向物流模式
ω_i	新产品的单位批发价,即制造商销售给零售商的批发价
p_i	新产品的单位零售价,即零售商销售给消费者的零售价
b_i	回收商从消费者手中购买废旧电子产品所支付的单位价格。
C_n	电子产品制造商生产全新产品的单位成本
δ	电子电器产品回收处理所节省的单位成本, $\delta = C_n - C_r$, C_r 为再制造产品的单位成本
D	消费者对电子产品的最大市场需求
α	电子电器产品的最大市场需求量
γ	消费者对废旧电子产品回收价格的敏感系数
β	消费者对销售价格的敏感系数
e_i	回收商实施以旧换新策略的努力水平
g	回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数
q	废旧电子产品的回收量, $q = \gamma b_i + g e_i$
B_i	制造商从回收商回收废旧电子产品时的单位转移支付价格, $i = r, t$ 。
d_i	回收商回收处理费用
C_e	回收商进行以旧换新策略的固定成本, $C_e = 1/2e^2$
πmci	i 模式下的制造商利润,
πrci	i 模式下的零售商利润
πtci	i 模式下的第三方回收商利润

考虑由一个制造商(M)、一个零售商(R)和一个第三方回收商(T)构成电子产品闭环供应链系统, 制造商主要进行新产品的生产, 原材料包括新材料以及回收利用材料[21]。零售商负责销售从制造商处购买的产品。回收时主要包括制造商自营回收、零售商辅助回收或第三方辅助回收三种情景。此外, 为促进废旧电子产品的回收, 回收商会投入一定的成本推出以旧换新活动, 用户对于该活动会表现出相应的敏感性。基于现实企业的生产实践, 构建 3 种不同的回收模型。模型中的符号及说明如表 1 所示。

2.2. 模型假设

基于本文所列举的废旧电子产品逆向物流模式, 考虑到实际生活中的复杂性, 为简化模型, 在不违背现实情况的原则下, 对决策模型做出以下假设:

- 1) 各参与主体之间的信息对称, 所有相关企业均为风险中性的决策者, 且都追求自身利益最大化;
- 2) 各模式都满足 stackelberg 的主从博弈条件, 制造商是领导者, 而零售商和第三方回收商为其跟随者;
- 3) 废旧电子产品的回收量 q 是关于回收价格 b 和以旧换新策略努力水平 e 的线性函数, 即 $q = \gamma b - ge$, 其中 γ 和 g 分别代表回收价格 b 的对回收量的影响系数和回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数, 且认为回收价格对回收量的影响大于以旧换新策略努力水平对回收量的影响, 即 $\gamma > g$;
- 4) 制造商对于回收后的废旧电子产品进行处理, 用于生产新产品和再制造品, 两者在功能和品质上不存在差异;
- 5) 在销售过程中, 电子产品的市场需求受到销售价格 p 影响, 销售价格与需求量呈现负相关性, 即销售价格越高, 市场需求越小。市场需求的表达式为: $D = \alpha - \beta p$, β 表示消费者对回收价格的敏感系数;
- 6) 通过回收再利用, 制造商生产单位新产品的成本为 C_r , 且 $\delta = C_n - C_r > 0$, 即 $C_r < C_n$ 。
- 7) 当以旧换新策略的努力水平为 e 时, 其投入成本为 $1/2e^2$, 主要包括依旧换新宣传成本以及回收设施建设成本。
- 8) 为保证均衡解有意义, 令 $U = g^2 - 2\gamma < 0$ 。

3. 模型构建与求解

3.1. 制造商自行回收(MC 模式)

在该模式(MC 模式)下, 作为领导者, 制造商首先确定自己的批发价格 ω 、以旧换新策略的努力水平 e 以及回收价格 b , 零售商作为追随者, 根据批发价格决定自己的销售价格 p 。制造商和零售商的利润函数为:

$$\pi_{MC}^m = (\omega_m - c_n)(\alpha - \beta p_m) + (\delta - b_m - d_m)(\gamma b_m + ge_m) - \frac{1}{2}e_m^2 \quad (1)$$

$$\pi_{MC}^r = (p_m - \omega_m)(\alpha - \beta p_m) \quad (2)$$

对上述利润函数采用逆向归纳法进行求解可得制造商的最优批发价格、最优回收价格、最优以旧换新策略努力水平以及零售商的最优零售价格分别为:

$$\omega_m^* = \frac{\alpha + C_n \beta}{2\beta} \quad (3)$$

$$b_m^* = \frac{(g^2 - \gamma)(d_m - \delta)}{U} \quad (4)$$

$$e_m^* = -\frac{g\gamma(d_m - \delta)}{U} \quad (5)$$

$$p_m^* = \frac{C_n\beta + 12\alpha}{4\beta} \quad (6)$$

指将(3)~(6)分别带入(1) (2)中可得该模式下的制造商和零售商的最优利润为:

$$\pi_{MC}^{r*} = \frac{(\alpha - C_n\beta)^2}{16\beta} \quad (7)$$

$$\pi_{MC}^{m*} = \frac{(\alpha^2 U - 2\alpha C_n\beta U - 4d_m^2 \gamma^2 \beta + C_n^2 \beta^2 U + 8d_m \gamma^2 \beta \delta - 4\gamma^2 \beta \delta^2)}{8U\beta} \quad (8)$$

3.2. 制造商委托零售商执行回收(RC 模式)

在该模式(RC 模式)下, 由制造商作为领导者首先确定产品的批发价格 ω 和以旧换新策略的努力水平 e , 零售商作为追随者, 决定自己的销售价格 p 以及回收价格 b 。制造商和零售商的利润函数为:

$$\pi_{RC}^m = (\omega_r - c_n)(\alpha - \beta p_r) + (\delta - B_r - d_r)(\gamma b_r + g e_r) \quad (9)$$

$$\pi_{RC}^r = (p_r - \omega_r)(\alpha - \beta p_r) + (B_r - b_r)(\gamma b_r + g e_r) - \frac{1}{2} e_r^2 \quad (10)$$

对上述利润函数采用逆向归纳法进行求解可得均衡解分别为:

$$\omega_r^* = \frac{\alpha + C_n\beta}{2\beta} \quad (11)$$

$$b_r^* = -\frac{(g^2 - \gamma)(d_r - \delta)}{2U} \quad (12)$$

$$e_r^* = \frac{g\gamma(d_r - \delta)}{2U} \quad (13)$$

$$p_r^* = \frac{C_n\beta + 12\alpha}{4\beta} \quad (14)$$

$$B_r^* = \frac{(d_r + \delta)}{2} \quad (15)$$

将(11)~(15)分别带入到(9) (10)中, 可得该模式下的制造商和零售商的最优利润及供应链总利润为:

$$\pi_{RC}^{r*} = \frac{(\alpha^2 U + 2\alpha C_n\beta U - 2d_r^2 \gamma^2 \beta + C_n^2 \beta^2 U - 4d_r \gamma^2 \beta \delta + 2\gamma^2 \beta \delta^2)}{16U\beta} \quad (16)$$

$$\pi_{MC}^{m*} = \frac{(\alpha^2 U - 2\alpha C_n\beta U - 2d_r^2 \gamma^2 \beta + C_n^2 \beta^2 U + 4d_r \gamma^2 \beta \delta - 2\gamma^2 \beta \delta^2)}{8U\beta} \quad (17)$$

3.3. 制造商委托第三方回收商执行回收(TC 模式)

在该模式(TC 模式)下, 由制造商作为领导者首先确定产品的批发价格 ω , 零售商作为追随者, 决定自己的销售价格 p , 第三方回收商同样作为追随者, 决定自己的以及回收价格 b 和以旧换新策略的努力水平 e 。制造商和零售商的利润函数为:

$$\pi_{TC}^m = (\omega_t - c_n)(\alpha - \beta p_t) + (\delta - B_t)(\gamma b_t + g e_t) \quad (18)$$

$$\pi_{TC}^r = (p_t - \omega_t)(\alpha - \beta p_t) \quad (19)$$

$$\pi_{TC}^t = (B_t - b_t - d_t)(\gamma b_t + g e_t) - \frac{1}{2} e_t^2 \quad (20)$$

同理可得制造商的最优批发价格、最优回收价格、最优以旧换新策略努力水平、零售商的最优零售价格以及制造商最优转移支付价格分别为:

$$\omega_t^* = \frac{\alpha + C_n \beta}{2\beta} \quad (21)$$

$$b_t^* = -\frac{(g^2 - \gamma)(d_t - \delta)}{2U} \quad (22)$$

$$e_t^* = \frac{g\gamma(d_t - \delta)}{2U} \quad (23)$$

$$p_t^* = \frac{C_n \beta + 12\alpha}{4\beta} \quad (24)$$

$$B_t^* = \frac{(d_t + \delta)}{2} \quad (25)$$

将(21)~(25)分别带入到(18)~(20)中, 可得该模式下的制造商和零售商的最优利润及供应链总利润为:

$$\pi_{TC}^{r*} = \frac{(\alpha - C_n \beta)^2}{16\beta} \quad (26)$$

$$\pi_{TC}^{m*} = \frac{(\alpha^2 U - 2\alpha C_n \beta U - 2d_t^2 \gamma^2 \beta + C_n^2 \beta^2 U + 4d_t \gamma^2 \beta \delta - 2\gamma^2 \beta \delta^2)}{8U\beta} \quad (27)$$

$$\pi_{TC}^{t*} = \frac{(d_t - \delta)^2 \gamma^2}{8U} \quad (28)$$

3.4. 均衡解比较及分析

基于 Stackelberg 博弈理论, 对不同的逆向物流模式下的模型进行均衡解求解后, 得到了各成员的均衡解和最优利润, 经过分析对比可得出以下推论:

推论 1 当 $d_m = d_r = d_t$ 时, 三种模式中, 制造商自己实施以旧换新策略并自营回收废旧电子产品将会获得更高的利润, 而由零售商辅助回收或者交由第三方回收商辅助回收时产生的利润相等。

$$\pi_{MC}^m - \pi_{RC}^m = \pi_{MC}^m - \pi_{TC}^m = -\frac{\gamma^2 (t - \delta)^2}{4(g^2 - 2\gamma)} > 0 \quad (29)$$

$$q_m - q_r = q_m - q_t = \frac{\gamma^2 (t - \delta)}{2(g^2 - 2\gamma)} > 0 \quad (30)$$

通过分析可知, 废旧电子产品回收时, 由制造商自行回收对整个逆向物流效益更有益, 对制造商自身也有正向影响。制造商自行回收模式下不需支付额外的转移支付费用, 且自主决定以旧换新回收策略努力水平, 虽然需要支付额外的建设成本, 但在原有正向物流基础上搭建逆向物流可以减少一部分建设

成本支出, 而且可以节约与他方合作所耗费的成本。

推论 2 当 $dm \neq dr \neq dt$ 时, 三种逆向物流模式比较结果分情况而定。

- 1) 当 $d_m \leq \min\left(\delta - \frac{\sqrt{2}}{2}(\delta - d_r), \delta - \frac{\sqrt{2}}{2}(\delta - d_t)\right)$ 时, 对制造商而言, 自行回收废旧电子产品将会获得更多利润。
- 2) 当 $d_r \leq \min\left(\delta - \sqrt{2}(\delta - d_m), d_t\right)$ 时, 对制造商而言, 委托零售商进行回收时将会获得更多利润。
- 3) 当 $d_t \leq \min\left(\delta - \sqrt{2}(\delta - d_m), d_r\right)$ 时, 对制造商而言, 委托第三方回收商进行回收时将会获得更多利润。

证明: 联立不等式组 $\begin{cases} \pi_{MC}^{m*} \geq \pi_{RC}^{m*} \\ \pi_{MC}^{m*} \geq \pi_{TC}^{m*} \end{cases}$, 解得 $d_m \leq \min\left(\delta - \frac{\sqrt{2}}{2}(\delta - d_r), \delta - \frac{\sqrt{2}}{2}(\delta - d_t)\right)$, 同理可证 2)、3)。

推论 3 回收商以旧换新策略水平、回收量随着回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数增加而增加。

证明:

$$\frac{\partial e_m^*}{\partial g} = \frac{\gamma(g^2 + 2\gamma)(\delta - d_m)}{(g^2 - 2\gamma)^2} > 0, \quad \frac{\partial e_r^*}{\partial g} = \frac{\gamma(g^2 + 2\gamma)(\delta - d_t)}{2(g^2 - 2\gamma)^2} > 0, \quad \frac{\partial e_t^*}{\partial g} = \frac{\gamma(g^2 + 2\gamma)(\delta - d_t)}{2(g^2 - 2\gamma)^2} > 0$$

$$\frac{\partial q_m^*}{\partial g} = \frac{2g\gamma^2(\delta - d_m)}{(g^2 - 2\gamma)^2} > 0, \quad \frac{\partial q_r^*}{\partial g} = \frac{g\gamma^2(\delta - d_r)}{(g^2 - 2\gamma)^2} > 0, \quad \frac{\partial q_t^*}{\partial g} = \frac{g\gamma^2(\delta - d_t)}{(g^2 - 2\gamma)^2} > 0$$

通过分析可知, 无论在哪一种回收模式下, 最优回收价格都与回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数负相关, 回收商以旧换新策略水平、回收量都与回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数正相关。随着消费者越来越接受以旧换新策略, 制造商可以通过提高以旧换新策略水平来增加废旧电子产品的回收量。

4. 数值分析

基于前文假设, 假定 $\alpha = 150$, $\beta = 10$, $\gamma = 30$, $C_n = 13$, $C_r = 4$, 对上述结论进行数值分析。

三种逆向物流模式下回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数对回收商以旧换新策略水平、回收量的影响如图 1、图 2 所示。

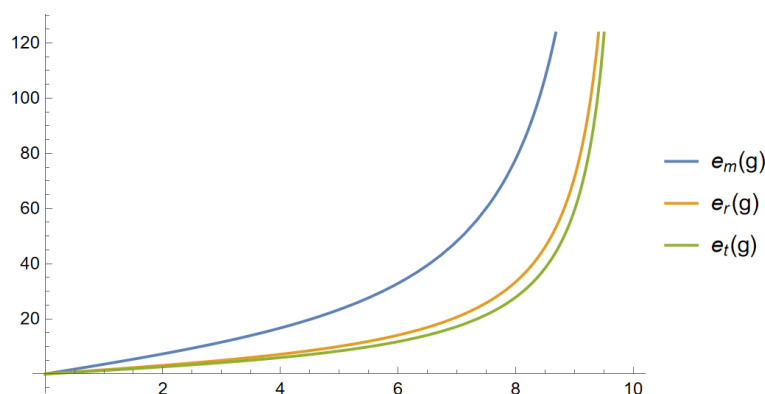


Figure 1. Effect of trade-in strategy on recycling volume coefficient g on the level of recyclers' trade-in strategy e

图 1. 以旧换新策略对回收量的影响系数 g 对回收商以旧换新策略水平 e 的影响

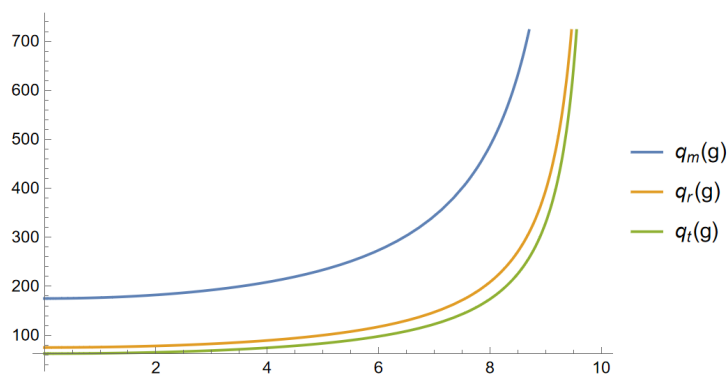


Figure 2. Effect of trade-in strategy on recycling volume coefficient g on recycling volume q
图 2. 以旧换新策略对回收量的影响系数 g 对回收量 q 的影响

当 $d_m \leq \min\left(\delta - \frac{\sqrt{2}}{2}(\delta - d_r), \delta - \frac{\sqrt{2}}{2}(\delta - d_t)\right)$ 时, 回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数对三种逆向物流模式下的利润影响如图 3 所示, 可以看出制造商自行回收时可以获取更高的利润, 如图 3 所示。

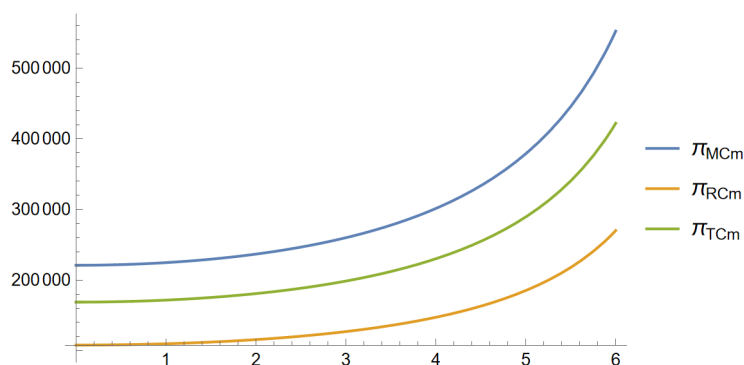


Figure 3. Comparison of manufacturer's profits when self-recovery profits are at their highest
图 3. 制造商自行回收利润最高时的利润对比

当 $d_r \leq \min\left(\delta - \sqrt{2}(\delta - d_m), d_t\right)$ 时, 回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数对三种逆向物流模式下的利润影响如图 4 所示, 可以看出制造商委托零售商进行回收时可以获取更高的利润。

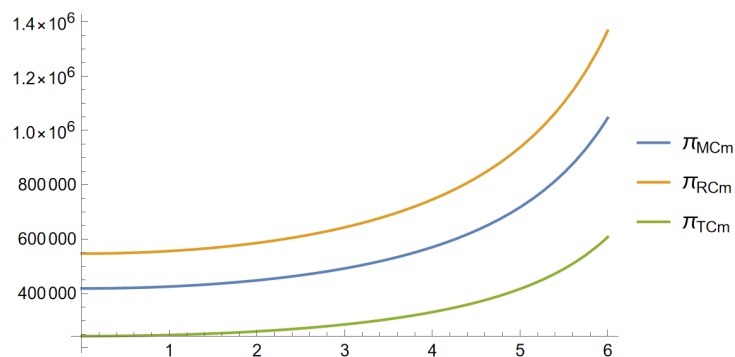


Figure 4. Comparison of profits when commissioned retailers' profits are maximized at the time of recycling
图 4. 委托零售商回收时利润最大时的利润对比

当 $d_t \leq \min(\delta - \sqrt{2}(\delta - d_m), d_r)$ 时, 回收商的以旧换新策略对回收量的影响系数对三种逆向物流模式下的利润影响如图 5 所示, 可以看出制造商委托第三方回收商进行回收时可以获取更高的利润。

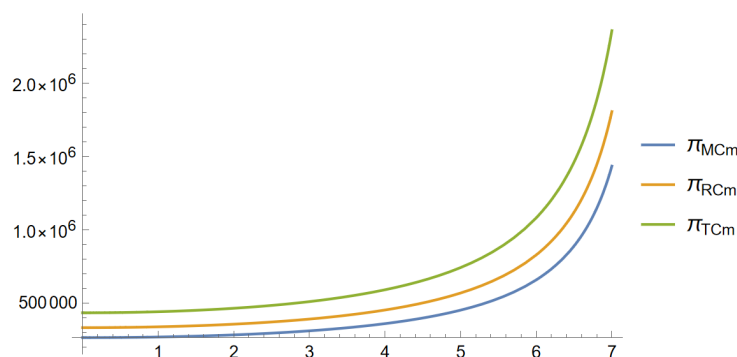


Figure 5. Entrusted a third party recycler to recover the highest profit comparison
图 5. 委托第三方回收商回收利润最高时的利润对比

5. 总结与展望

文章针对实施以旧换新回收策略情况下电子产品制造商逆向物流模式决策问题进行研究, 分别构建了 3 种不同的废旧电子产品逆向物流模式决策模型, 比较分析了不同回收模式下的最优决策, 同时讨论了实施以旧换新策略对逆向物流的影响。主要的结论如下: 1) 当废旧电子产品处理成本相同时, 制造商自行回收废旧电子产品时所获得的利润最高。2) 当废旧电子产品处理成本不同时, 在不同的回收商对废旧电子产品的处理成本下, 存在不同的最优逆向物流模式。由此我们可以得到一些管理启示: 1) 制造商在制定逆向物流策略时, 应重视成本控制, 通过优化内部处理流程和提高效率等方式降低废旧电子产品的处理成本, 从而提高整体利润。2) 制造商应根据废旧电子产品的处理成本和其他相关因素, 灵活调整以旧换新回收策略水平, 以提高回收率。3) 制造商还可以通过广告宣传等营销方式来提高消费者的环保意识, 使消费者变被动为主动地参与到以旧换新活动中。此外, 本文在构建模型时只考虑了单一制造商、零售商、第三方回收商的情景, 且仅考虑单一产品的回收, 随着市场的发展, 制造商可能需要处理多种产品和多个销售渠道产生的废旧电子产品, 可进一步拓展至多制造商、零售商、第三方回收商、多产品场景。

参考文献

- [1] 中国废弃电器电子产品回收处理及综合利用行业白皮书 2023[J]. 家用电器, 2024(7): 52-71.
- [2] 国务院印发《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》[N]. 人民日报, 2024-03-14(001).
- [3] 关于加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施[J]. 轻工标准与质量, 2024(4): 7-8.
- [4] 李强. 政府工作报告——2024 年 3 月 5 日在第十四届全国人民代表大会第二次会议上[J]. 智慧中国, 2024(Z1): 6-15.
- [5] Xiao, Y. and Zhou, S.X. (2020) Trade-In for Cash or for Upgrade? Dynamic Pricing with Customer Choice. *Production and Operations Management*, 29, 856-881. <https://doi.org/10.1111/poms.13140>
- [6] Liu, Z., Chen, J., Diallo, C. and Venkatadri, U. (2021) Pricing and Production Decisions in a Dual-Channel Closed-Loop Supply Chain with Remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, 232, Article 107935. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107935>
- [7] 郭婷婷, 李娜. 规模不经济下考虑企业社会责任投入的闭环供应链回收渠道选择[J]. 山东大学学报(理学版), 2024, 59(9): 42-55.
- [8] 赵秀堃, 李冬冬, 杨芳芳, 等. 生产者责任延伸制和信任偏好下回收策略[J]. 系统工程学报, 2024, 39(1): 91-108.

-
- [9] 方晗炜, 李慧嘉. 电子产品闭环供应链网络设计与弹性管理研究[J]. 计算机工程与应用, 2017, 53(9): 263-270.
 - [10] 周岩, 韩瑞京, 蒋京龙, 等. 废旧产品分类管理的随机需求闭环供应链网络均衡[J]. 系统科学与数学, 2015, 35(8): 939-957.
 - [11] 宋敏. 闭环供应链回收策略优化问题研究[D]: [博士学位论文]. 沈阳: 东北大学, 2013.
 - [12] 李鹏宇. 基于政府补贴的再制造闭环供应链回收模式选择与优化[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2023.
 - [13] Chirantan, M.C.B.G. (2021) Optimizing Price, Quality and CSR Investment under Competing Dual-Recycling Channels in a Sustainable Closed-Loop Supply Chain. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, **43**, 35193-35208.
 - [14] Sun, J., Chen, W., Yang, S. and Yan, Y. (2021) Research on Recycling Channel Selection of Closed-Loop Supply Chain Considering Consumer Preference and Fairness Concern. *MATEC Web of Conferences*, **336**, Article 09001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202133609001>
 - [15] 李丹, 沈滨. “以旧换新”“以旧换再”交互下的闭环供应链管理研究[J]. 系统工程, 2024, 42(6): 72-83.
 - [16] 张喜征, 肖嘉琳, 余思勤. 预期后悔行为下考虑以旧换新产品的换代与定价策略[J]. 系统工程, 2022, 40(6): 55-66.
 - [17] 杨爱峰, 尤练, 朱晓宇, 等. 以旧换新服务的最优回购支付形式和定价策略[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2023, 46(11): 1555-1563.
 - [18] 王竟竟, 许民利. 回收目标责任制下闭环供应链的定价及以旧换新策略研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(11): 298-311.
 - [19] 卢茂盛, 柳键, 黄红梅. 基于风险规避的闭环供应链以旧换新策略[J]. 计算机集成制造系统, 2024, 30(11): 4114-4126.
 - [20] 唐飞, 代颖, 马祖军. 闭环供应链中制造商以旧换新渠道决策[J]. 系统管理学报, 2024, 33(1): 16-28.
 - [21] 冯艳刚, 李雪梦. 面向用户隐私关切的不同回收模式比较分析[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2024, 46(2): 245-252.