

Research on Coordination of Dual Channel Closed-Loop Supply Chain Contract Considering Retail Service

Shuangling Feng, Zongyu Mu

School of Business, Qingdao University, Qingdao Shandong
Email: 2587647628@qq.com, mzydragon@163.com

Received: Jun. 27th, 2019; accepted: Jul. 9th, 2019; published: Jul. 16th, 2019

Abstract

This paper is aimed at the dual-sales channel closed-loop supply chain in which the single-manufacturer operates the e-commerce direct sales channel and the single retailer is responsible for the traditional retail channel. Considering the retailer's retail service to deal with the competition of the e-commerce direct sales channel, a decision-making model for a dual-channel closed-loop supply chain recycled by retailers was established. The research shows that the decision-making of the decentralized decision-making system and the centralized decision-making system, the profit of each member and the total profit of the system are all affected by the degree of preference of the consumer direct selling channel, the sensitivity of the service quality to the service level and the service cost. In the decentralized decision-making system, the profit of the manufacturer decreases first and then increases with the increase of the direct channel preference. Only when the direct channel preference is large, it is meaningful to open up the direct selling channel; because the centralized decision is better than the decentralized decision, which results from the "double marginal effect" problem. The revenue-cost sharing contract was designed to coordinate the decentralized decision-making system and improve its operational efficiency. Finally, the main conclusions of this paper are verified by a case study.

Keywords

Consumer Preference, Retail Service, Dual Channel Closed-Loop Supply Chain, Contract Coordination

考虑零售服务的双渠道闭环供应链契约协调研究

冯爽玲, 牟宗玉

青岛大学商学院, 山东 青岛

Email: 2587647628@qq.com, mzydragon@163.com

收稿日期: 2019年6月27日; 录用日期: 2019年7月9日; 发布日期: 2019年7月16日

摘要

本文针对由单一制造商经营电商直销渠道和单一零售商负责传统零售渠道的双销售渠道闭环供应链, 考虑零售商采取零售服务应对电商直销渠道的竞争, 建立了由零售商回收的双渠道闭环供应链的决策模型。研究表明: 分散式决策系统和集中式决策系统的决策、各成员的利润和系统的总利润均受到消费者直销渠道偏好程度、服务质量关于服务水平和服务成本的敏感程度的影响; 在分散式决策系统中, 制造商的利润随着直接渠道偏好的增加先减小后增加, 只有当直接渠道偏好较大时开辟直销渠道才有意义; 集中式决策优于分散式决策, 产生了“双重边际效应”问题。设计了收益费用共享契约协调了分散式决策系统, 提高其运营效率。最后, 运用算例分析验证了本文的主要结论。

关键词

消费者偏好, 零售服务, 双渠道闭环供应链, 契约协调

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

近十几年来, 随着互联网和科学技术的迅猛发展, 电子商务时代也随之来临, 人们的生产、生活越来越受其影响, 网购这一新型便捷的购物方式被越来越多的消费者接受。基于互联网的电子直销渠道作为一种新型的零售方式, 既降低了销售成本, 也减少库存积压, 使企业获得更多的利润, 引起了商业界的广泛关注, 包括惠普、IBM、柯达、苹果、耐克等许多著名的企业都先后开辟了电子直销渠道, 这一现象的出现打破了原来仅仅依靠零售渠道来分销产品的单一渠道结构, 建立起了传统零售渠道和电子直销渠道并存的混合渠道结构, 通常称之为“双渠道” [1] [2]。

目前, 国内外许多学者针对双渠道进行了一些研究。在定价策略上, Chiang 等[3]研究了双渠道供应链的价格竞争, 指出直销渠道可以使制造商从中获利, 能缓解“双边效应”, 在一定程度上抑制零售商的定价行为, 增加制造商的议价能力, 但是直销渠道并不总是对零售商有害的, 因为它通常伴随着批发价格的下降。Yao 等[4]主要考虑了柏川德和斯坦科尔伯格两种博弈情形下传统零售渠道和电子直销渠道之间的价格竞争策略。许传永等[5]考虑到消费者的购买成本和渠道的接受程度, 通过消费者效用选择模型得到直销和零售渠道的需求, 在批发价格外生的情况下得到直销和零售的均衡定价策略并对制造商定价策略进行了进一步的分析, 得出直销渠道对制造商有多重作用。Matsui [6]研究了双渠道供应链中, 制造商应该何时确定批发价格和直销价格这一与时间有关的问题。Li 等[7]讨论了具有一个风险规避态度的零售商的闭环供应链的定价问题, 指出当制造商和零售商拥有相同的讨价还价能力时, 且市场需求满足正态分布, 纳什均衡存在且零售价格降低, 但是当零售商的风险规避程度提高时, 制造商在直销渠道上的利润会先减少再增加或者先增加再减少, 取决于相关参数的值。在双渠道的协调上, Tsay 和 Agrawal [1]研究采用不同的方法去协调双渠道供应链中制造商和零售商的关系, 包括改变产品批发价格, 为顾客从零售渠道向直销渠道的

转移给零售商支付一定数额的补偿或者将需求履行功能完全交给零售商。王小龙等[8]研究了当零售渠道和电子直销渠道发生库存竞争时, 提出一种既可以反映强势零售商特点又可以有效控制生产商行为的契约协调机制。Cai 等[9]基于博弈论的视角, 运用价格折扣契约和定价策略协调双渠道供应链, 研究结果表明, 运用价格折扣契约的情形胜过没有契约时的情形, 且采取一致的定价策略可以缓解渠道冲突。但斌等[2]从电子渠道和传统渠道合作的角度研究了双渠道供应链协调的补偿策略, 研究表明补偿策略可以实现双渠道供应链的协调, 且在一定范围内可以保证供应链成员的双赢, 丁正平等[10]研究了存在搭便车行为时双渠道供应链的定价策略以及利用收益费用共享契约实现双渠道供应链的协调。上述都是传统供应链下研究双渠道。随着电子直销渠道与传统零售渠道之间的竞争越来越激烈, 提高服务质量已经成为传统零售商抵御电商企业蚕食其市场份额的有效手段。Yan 和 Pei [11]讨论了零售服务在双渠道竞争中的作用, 直销渠道的出现有利于促进零售商提高服务质量, 研究表明提高服务质量有利于缓解渠道竞争和冲突和提高供应链的整体绩效。Dan 等[12]研究了双渠道供应链在集中式和分散式决策下的最优服务水平和最优定价, 表明零售服务和顾客忠诚度严重影响了制造商和零售商的定价策略, 零售价格可以随着服务质量的提高而增加, 而制造商的价格决策取决于顾客忠诚度。He 等[13]指出当消费者既想享受零售实体店的服务同时又想获得直销渠道上的低价时, 这种搭便车行为的出现使供应链上的碳排放量增大。

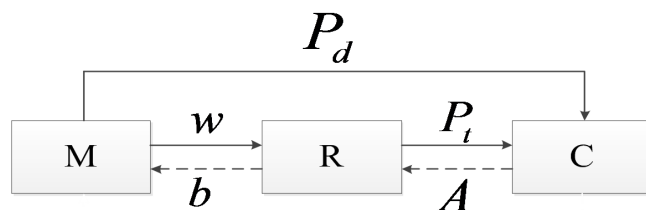
与本文相关的另一个研究内容是闭环供应链。科学技术的迅猛发展导致产品的生命周期缩短, 因此衍生出了大量的废旧品, 尤其是电子产品, 例如手机和电脑, 如果不对这些废旧品进行合理的处置, 既浪费了大量的自然资源, 还破坏了生态环境, 因此, 废旧品的回收再利用引起了许多政府和企业的关注, 即废旧品从消费者流向制造商的逆向过程, 在传统正向供应链的基础上增加了逆向物流, 就构成了闭环供应链[14]-[19]。

近些年来, 废旧品的回收再利用越来越受到政府和企业的关注, 国内外一些学者对闭环供应链也展开了研究。Savaskan 等[20]研究了在一个制造商和一个零售商的市场结构中, 分别考虑在零售商回收、第三方回收、制造商直接回收下闭环供应链, 并将三种不同回收方式下的分散式决策同集中式决策进行比较, 发现集中式决策优于任何一种分散式决策, 但在三种分散式决策闭环供应链中, 由零售商负责回收分散式决策闭环供应链是最优的。黄祖庆等[21]研究了在第三方负责回收下再制造闭环供应链在不同决策结构下的供应链的利润比较, 指出无论是集中式决策还是分散式决策下, 回收所带来的期望收益越大, 回收价格越低, 越能激励供应链成员进行废旧品回收, 提高供应链成员企业的利润; 在分散式决策中, 无论是生产商还是分销商占市场主导地位, 供应链的总体利润都会收到损失, 最后采用收益共享契约协调了分散式决策; 葛静燕等[22]研究了由一个制造商和一个零售商并且由零售商负责分销产品和回收废旧品的闭环供应链, 研究结果表明非合作分散式决策下的系统利润要低于集中式决策下的系统利润, 运用了收益费用共享契约, 使得分散式决策中制造商和零售商的利润、消费者的效用得到了提高。王文宾等[23]研究了由零售商负责回收的集中式和分散式下三种不同权力结构下闭环供应链的定价问题, 并对不同情况下的价格和利润进行比较分析, 指出制造商占市场主导地位 and 零售商占主导地位时的利润相等且小于制造商和零售商同是做决策时的利润, 且回收努力越大, 产品的价格越高, 而制造商和零售商的利润减少。谢家平等[24]将收益费用共享契约应用到由单一的制造商和单一零售商且由零售商负责回收的闭环供应链全过程, 重点研究了正逆供应链分成比率对制造商和零售商最大化的影响。上述文献主要是在单一渠道情形下研究闭环供应链。

综上所述, 需要指出的是, 上述有些文献只在传统供应链情形下研究了双渠道, 没有考虑到闭环供应链的情形; 有些文献只研究了单一销售渠道情形下的闭环供应链, 没有考虑双销售渠道的情况; 有些文献研究了双销售渠道, 却没有考虑到服务质量。因此, 本文研究考虑服务质量的双销售渠道闭环供应链的契约协调问题是很有必要的。

2. 模型假设及符号说明

系统考虑了由单一制造商和单一零售商组成的双销售渠道闭环供应链, 其中制造商既把产品批发给零售商又通过自营的电子直销渠道销售产品; 零售商负责通过零售渠道分销产品, 且以一定成本从消费者末端回收废旧品然后将废旧品以一定的价格返还给制造商, 制造商既通过加工再制造将废旧品转化为新产品, 也可以使用全新的原材料生产产品, 新产品和再造品统一在市场上销售。由零售商回收的双渠道闭环供应链的运营过程如图 1。



(a) 零售商回收渠道

Figure 1. Operation chart of dual channel closed-loop supply chain
图 1. 双渠道闭环供应链运营图

文中模型在以下假设条件下建立:

假设 1 制造商和零售商之间遵循斯坦科尔伯格博弈, 其中制造商是领导者, 零售商是跟随者;

假设 2 制造商和零售商之间的信息完全对称且都是风险中性态度;

假设 3 回收的废旧品都能通过加工再制造转化为新产品; 废旧品的单位再制造成本小于新产品的单位生产成本;

假设 4 再造品和新产品是无差别的;

假设 5 相较于传统零售渠道, 在电子直销渠道购买的消费者既无法亲眼看到也不能第一时间拿到所购买的产品, 因此, 如果假设传统零售渠道的消费者偏好程度为 1, 支付意愿为 v , 则消费者的直接渠道偏好程度则为 $0 \leq \theta \leq 1$, θv 表示消费者通过电子直销渠道购买单位产品的支付意愿; 而相较于电子直销渠道, 通过传统零售渠道购买, 消费者能享受到线上购买所无法提供的优质购物体验, 包括销售前, 销售中以及销售后等一系列服务, 假设 s 表示客户服务水平, s 满足 $0 < s < 1$, λ 为服务质量关于零售销售的弹性系数, 则 λs 表示服务质量对零售渠道销售的促进作用, λ 满足 $0 < \lambda < 1$, 且 $0 < \lambda s < p_t < 1$ 。参考文献[2], 设服务成本为 $C(s) = \beta \frac{s^2}{2}$, β 表示服务成本系数, β 满足 $0 < \beta \leq 1$ 。

参照文献[3], 引入消费者的效用函数 U , 假设所有消费者的支付意愿 v 满足(0,1)的均匀分布, 且消费者市场潜在规模为 1。只有当消费者实际支付的产品价格不大于支付意愿时, 才可能购买该商品。当消费者在传统零售渠道购买时, 则应满足 $U_t = v - p_t + \lambda s \geq 0$ 且; 同理, 当在电子直销渠道购买时, 则应满足 $U_d = \theta v - p_d \geq 0$ 且 $0 \leq p_d \leq 1$; 当制造商和零售商同时销售 $0 \leq p_t \leq 1$ 产品时, 此时消费者会选择哪一种渠道购买取决于消费者所获得的净效用, 即 $v - p_t + \lambda s$ 和 $\theta v - p_d$ 的比较, 当前者较大时, 消费者会选择通过传统零售渠道购买, 否则, 选择通过电子直销渠道购买, 此时线上线下的最优销售量有如下表示:

$$Q_t = 1 - \frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta}, \quad Q_d = \frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta} - \frac{p_d}{\theta}, \quad \text{市场总需求用 } Q \text{ 表示。}$$

模型中的符号及其含义见表 1。

Table 1. Symbols and their meanings
表 1. 符号及其含义

符号	含义	符号	含义
c_n	新产品的单位生产成本	A	零售商处废旧品的单位回收价
c_r	再造品的单位生产成本, $c_r < c_n$	τ	废旧品的回收率, $0 \leq \tau \leq 1$
Δ	再造品的单位节约成本, $\Delta = c_n - c_r$	C_L	回收努力成本系数
w	制造商给零售商产品的单位批发价	C	回收努力成本, $C = C_L \tau^2$
b	制造商从零售商处回收废旧品的单位价, $A \leq b \leq \Delta$	Q	市场总销售/需求量, $Q = Q_i + Q_d$

类似文献, 为避免琐碎的问题, 有必要对参数做必要的不等式约束条件:

$$C_L > \max \left\{ \frac{(\Delta - A)(\theta - c_n + \Delta - A)}{4\theta}, \frac{\beta(\Delta - A)(1 - c_n + \Delta - A)}{2(2\beta - \lambda^2)} \right\}$$

3. 分散式决策闭环供应链分析

在分散式决策闭环供应链系统中, 制造商和零售商的利润函数分别为:

$$\pi_m^D(p_d, w, b) = (w - c_n) \left(1 - \frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta} \right) + (p_d - c_n) \left(\frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta} - \frac{p_d}{\theta} \right) + (\Delta - b) \tau \left(1 - \frac{p_d}{\theta} \right) \quad (1)$$

$$\pi_r^D(p_t, \tau, s) = (p_t - w) \left(1 - \frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta} \right) + (b - A) \tau \left(1 - \frac{p_d}{\theta} \right) - C_L \tau^2 - \frac{\beta s^2}{2} \quad (2)$$

命题 1 在分散式决策闭环供应链中, 制造商处产品的单位直销价为 $p_d^{D*} = \theta - \frac{4C_L \theta (\theta - c_n)}{8C_L \theta - (\Delta - A)^2}$, 单位

批发价为 $w^{D*} = \frac{1 + \theta}{2} - \frac{4C_L \theta (\theta - c_n)}{8C_L \theta - (\Delta - A)^2}$, 从零售商处回收废旧品的单位价为 $b^{D*} = \frac{\Delta + A}{2}$; 零售商处产品的

单位零售价为 $p_t^{D*} = \frac{1 + \theta}{2} - \frac{4C_L \theta (\theta - c_n)}{8C_L \theta - (\Delta - A)^2} + \frac{\beta(1 - \theta)^2}{2[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}$, 废旧品的回收率为 $\tau^{D*} = \frac{(\Delta - A)(\theta - c_n)}{8C_L \theta - (\Delta - A)^2}$,

零售商的服务水平为 $s^{D*} = \frac{\lambda(1 - \theta)}{2[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}$, 制造商可得均衡利润为

$$\pi_m^{D*} = \frac{2C_L(\theta - c_n)^2}{8C_L \theta - (\Delta - A)^2} + \frac{\beta(1 - \theta)^2}{4[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}, \text{ 零售商可得均衡利润为}$$

$$\pi_r^{D*} = \frac{C_L(\Delta - A)^2(\theta - c_n)^2}{[8C_L \theta - (\Delta - A)^2]^2} + \frac{\beta(1 - \theta)^2}{8[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}, \text{ 系统的总利润为}$$

$$\pi^{D*} = \frac{2C_L(\theta - c_n)^2}{8C_L \theta - (\Delta - A)^2} + \frac{C_L(\Delta - A)^2(\theta - c_n)^2}{[8C_L \theta - (\Delta - A)^2]^2} + \frac{3\beta(1 - \theta)^2}{8[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}.$$

结论 1 $\frac{\partial p_d^{D*}}{\partial \theta} > 0$ 、 $\frac{\partial w^{D*}}{\partial \theta} < 0$ 、 $\frac{\partial b^{D*}}{\partial \theta} = 0$ 、

$$\begin{cases}
\frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \theta} < 0, \text{ 当 } \frac{(\Delta - A)^2 [(\Delta - A)^2 - 8C_L c_n]}{2[8C_L \theta - (\Delta - A)^2]^2} < \frac{\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2}, & \frac{\partial \tau^{D^*}}{\partial \theta} > 0, \frac{\partial s^{D^*}}{\partial \theta} > 0, \\
\frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \theta} > 0, \text{ 当 } \frac{(\Delta - A)^2 [(\Delta - A)^2 - 8C_L c_n]}{2[8C_L \theta - (\Delta - A)^2]^2} > \frac{\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2} \\
\frac{\partial \pi_r^{D^*}}{\partial \theta} < 0, \text{ 当 } \frac{2C_L(\theta - c_n)(\Delta - A)^2 [8c_n C_L - (\Delta - A)^2]}{[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^3} < \frac{\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{4[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2} \\
\frac{\partial \pi_r^{D^*}}{\partial \theta} > 0, \text{ 当 } \frac{2C_L(\theta - c_n)(\Delta - A)^2 [8c_n C_L - (\Delta - A)^2]}{[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^3} > \frac{\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{4[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2} \\
\frac{\partial \pi_m^{D^*}}{\partial \theta} < 0, \text{ 当 } \frac{4C_L(\theta - c_n)[4C_L(\theta + c_n) - (\Delta - A)^2]}{[8C_L \theta - (\Delta - A)^2]^2} < \frac{\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{2[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2} \\
\frac{\partial \pi_m^{D^*}}{\partial \theta} > 0, \text{ 当 } \frac{4C_L(\theta - c_n)[4C_L(\theta + c_n) - (\Delta - A)^2]}{[8C_L \theta - (\Delta - A)^2]^2} > \frac{\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{2[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2} \\
\frac{\partial \pi^{D^*}}{\partial \theta} < 0, \text{ 当 } \frac{2C_L(\theta - c_n)[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^2 + 16\theta C_L^2(\theta - c_n)[8c_n C_L - (\Delta - A)^2]}{[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^3} < \frac{3\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{4[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2} \\
\frac{\partial \pi^{D^*}}{\partial \theta} > 0, \text{ 当 } \frac{2C_L(\theta - c_n)[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^2 + 16\theta C_L^2(\theta - c_n)[8c_n C_L - (\Delta - A)^2]}{[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^3} > \frac{3\beta(1-\theta)[\beta(1-\theta) - \lambda^2]}{4[2\beta(1-\theta) - \lambda^2]^2}
\end{cases}$$

在分散式决策系统中, 随消费者对电商直销渠道偏好程度的增加, 结论 1 表明: 产品的单位直销价、回收率和服务水平均会增加; 制造商给零售商的产品单位批发价会减少; 制造商从零售商处回收废旧品的单位价不受影响; 产品的单位零售价、各成员的利润以及总利润的变化规律均取决于 θ 、 β 和 λ 等关系的阈值条件。

$$\text{结论 2 } \frac{\partial p_d^{D^*}}{\partial \lambda} = 0, \frac{\partial w^{D^*}}{\partial \lambda} = 0, \frac{\partial b^{D^*}}{\partial \lambda} = 0, \frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \tau^{D^*}}{\partial \lambda} = 0, \frac{\partial s^{D^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi_r^{D^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi_m^{D^*}}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial \pi^{D^*}}{\partial \lambda} > 0.$$

在分散式决策系统中, 随着服务质量关于服务水平敏感程度的增加, 结论 2 表明: 产品的单位零售价、服务水平、各成员的利润以及总利润均会增加, 制造商给零售商的产品单位批发价和从零售商处回收废旧品的单位价不受影响, 而产品的单位直销价和废旧品的回收率不受影响。

$$\text{结论 3 } \frac{\partial p_d^{D^*}}{\partial \beta} = 0, \frac{\partial w^{D^*}}{\partial \beta} = 0, \frac{\partial b^{D^*}}{\partial \beta} = 0, \frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \tau^{D^*}}{\partial \beta} = 0, \frac{\partial s^{D^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_r^{D^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi_m^{D^*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial \pi^{D^*}}{\partial \beta} < 0.$$

在分散式决策系统中, 随着服务质量关于服务成本的敏感程度的增加, 结论 3 表明: 产品的单位零售价、服务水平、各成员的利润以及总利润均会减少, 制造商给零售商的产品单位批发价和从零售商处回收废旧品的单位价不受影响, 而产品的单位直销价和废旧品的回收率不受影响。

4. 集中式决策闭环供应链分析

由(1)和(2)式可得集中式决策闭环供应链的利润函数为:

$$\begin{aligned} \pi^c(p_d, p_t, \tau, s) = & (p_t - c_n) \left(1 - \frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta} \right) + (p_d - c_n) \left(\frac{p_t - p_d - \lambda s}{1 - \theta} - \frac{p_d}{\theta} \right) \\ & + (\Delta - A) \tau \left(1 - \frac{p_d}{\theta} \right) - C_L \tau^2 - \frac{\beta s^2}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

命题 2 在集中式决策闭环供应链中：产品的单位直销价为 $p_d^{C*} = \theta - \frac{2C_L\theta(\theta - c_n)}{4C_L\theta - (\Delta - A)^2}$ ，单位零售价为

$$p_t^{C*} = \frac{1 + \theta}{2} - \frac{2C_L\theta(\theta - c_n)}{4C_L\theta - (\Delta - A)^2} + \frac{\lambda^2(1 - \theta)}{2[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}, \quad \text{废旧品的回收率为 } \tau^{C*} = \frac{(\Delta - A)(\theta - c_n)}{4C_L\theta - (\Delta - A)^2}, \quad \text{零售商的服务水平为 } s^{C*} = \frac{\lambda(1 - \theta)}{2\beta(1 - \theta) - \lambda^2}, \quad \text{系统可得均衡利润为 } \pi^{C*} = \frac{2C_L(\theta - c_n)^2}{4C_L\theta - (\Delta - A)^2} + \frac{\beta(1 - \theta)^2}{2[2\beta(1 - \theta) - \lambda^2]}.$$

结论 4 $\frac{\partial p_t^{C*}}{\partial \theta} > 0$ 、 $\frac{\partial p_d^{C*}}{\partial \theta} > 0$ 、 $\frac{\partial \tau^{C*}}{\partial \theta} > 0$ 、 $\frac{\partial s^{C*}}{\partial \theta} > 0$ 、 $\frac{\partial \pi^{C*}}{\partial \theta} > 0$ 。

在集中式决策系统中，随消费者对电商直销渠道偏好程度的增加，结论 4 表明：在零售和电商双渠道中，产品的单位零售价、单位直销价、废旧品的回收率、服务水平和系统的总利润均会增加。

结论 5 $\frac{\partial p_t^{C*}}{\partial \lambda} > 0$ 、 $\frac{\partial p_d^{C*}}{\partial \lambda} = 0$ 、 $\frac{\partial \tau^{C*}}{\partial \lambda} = 0$ 、 $\frac{\partial s^{C*}}{\partial \lambda} > 0$ 、 $\frac{\partial \pi^{C*}}{\partial \lambda} > 0$ 。

在集中式决策系统中，随服务质量关于服务水平敏感程度的增加，结论 5 表明：在零售和电商双渠道中，产品的单位零售价、服务水平和系统的总利润均会增加，而直销渠道价格和废旧品的回收率不受影响。

结论 6 $\frac{\partial p_t^{C*}}{\partial \beta} < 0$ 、 $\frac{\partial p_d^{C*}}{\partial \beta} = 0$ 、 $\frac{\partial \tau^{C*}}{\partial \beta} = 0$ 、 $\frac{\partial s^{C*}}{\partial \beta} < 0$ 、 $\frac{\partial \pi^{C*}}{\partial \beta} < 0$ 。

在集中式决策系统中，随服务质量关于服务成本的敏感程度的增加，结论 6 表明：在零售和电商双渠道中，产品的单位零售价、服务水平和系统的总利润均会减少，而产品的单位直销价和废旧品的回收率均不受影响。

结论 7 $p_d^{C*} < p_d^{D*}$ 、 $\begin{cases} p_t^{C*} < p_t^{D*}, \text{当 } 0 < \lambda < \lambda_1 \\ p_t^{C*} > p_t^{D*}, \text{当 } \lambda_1 < \lambda < \lambda_2 \end{cases}$ 、 $\tau^{C*} > \tau^{D*}$ 、 $s^{C*} > s^{D*}$ 、 $\pi^{C*} > \pi^{D*}$ 。（其中：

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{\beta(1 - \theta) \left\{ (1 - \theta) [4\theta C_L - (\Delta - A)^2] [8\theta C_L - (\Delta - A)^2] + 8\theta C_L (\theta - c_n) (\Delta - A)^2 \right\}}{(1 - \theta) [4\theta C_L - (\Delta - A)^2] [8\theta C_L - (\Delta - A)^2] + 4\theta C_L (\theta - c_n) (\Delta - A)^2}},$$

$$\lambda_2 = \sqrt{2\beta(1 - \theta) + \frac{(1 - \theta)^2}{4} - \frac{1 - \theta}{2}}.$$

结论 7 表明：在双渠道闭环供应链中，总体上，分散式决策下产品的单位直销价、单位零售价格均大于集中式决策系统的；而废旧品的回收率、零售商的服务水平小于集中式决策的，且分散式决策的总利润小于集中式决策系统的，存在“双重边际效应”问题。因此，以集中式决策系统的总利润为目标，进一步提高零售商回收下双渠道闭环供应链系统的运营效率是值得探讨的问题。

5. 收益费用共享契约协调分析

基于收益共享契约[24]来协调解决双销售渠道闭环供应链中存在的“双重边际效应”问题。其中制造商和零售商分别以 $1 - \rho$ 与 ρ 的比例共享系统收益和分担回收和零售服务成本，若零售商的利润函数是集

中式决策供应链利润函数的仿射函数, 即对于任意的 $\psi (0 < \psi < 1)$, 使得 $\pi_r = \psi \Pi_C + \eta$ (η 为常数) 成立时, 则称该收益费用共享契约协调了供应链。

在分散式决策系统中, 收益费用共享契约协调的零售商的利润函数为:

$$\pi_r^{Rc}(p_t, \tau, s) = (\rho p_t - w)Q_t + \rho p_d Q_d + (b - \rho A)\tau(Q_t + Q_d) - \rho C_L \tau^2 - \rho \frac{\beta s^2}{2} \quad (4)$$

命题 4 收益费用共享契约 (w, b, ρ) 中的参数满足 $w^{Rc} = \rho c_n \left(1 + \frac{Q_d}{Q_t}\right)$, $b^{Rc} = \rho \Delta$, 且 $\rho_1 \leq \rho \leq 1 - \rho_2$ 时,

可协调双渠道闭环供应链中各成员的分散式决策行为, 并能使各成员均获得帕累托改进的利润。其中:

$$\rho_1 = \frac{[4\theta C_L - (\Delta - A)^2] \{8C_L (\Delta - A)^2 (\theta - c_n)^2 [2\beta(1-\theta) - \lambda^2] + \beta(1-\theta)^2 [8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^2\}}{4[8\theta C_L - (\Delta - A)^2]^2 \{4C_L (\theta - c_n)^2 [2\beta(1-\theta) - \lambda^2] + \beta(1-\theta)^2 [4\theta C_L - (\Delta - A)^2]\}},$$

$$\rho_2 = \frac{[4\theta C_L - (\Delta - A)^2] \{8C_L (\theta - c_n)^2 [2\beta(1-\theta) - \lambda^2] + \beta(1-\theta)^2 [8\theta C_L - (\Delta - A)^2]\}}{2[8\theta C_L - (\Delta - A)^2] \{4C_L (\theta - c_n)^2 [2\beta(1-\theta) - \lambda^2] + \beta(1-\theta)^2 [4\theta C_L - (\Delta - A)^2]\}}.$$

6. 数值算例

为验证模型的有效性和结论的准确性。本节对以上各命题和结论进行数值算例仿真分析。对模型中涉及的各项参数进行赋值: $c_n = 0.4$ 、 $c_r = 0.1$ 、 $\Delta = 0.3$ 、 $A = 0.1$ 、 $C_L = 0.5$ 。

6.1. 消费者偏好及零售服务参数敏感性分析

为了用数据验证直接渠道偏好、服务弹性系数以及服务成本系数是如何影响分散式决策系统和集中式决策系统中各成员和系统的决策和利润, 可见表 2 (注: 由于数值较小, 为方便比较分析均已将表中数据扩大 100 倍):

当 $\lambda = 0.3$ 、 $\beta = 0.5$ 时, 随着 θ 的增加, 由表 2 可知: 在分散式决策中, 服务水平、废旧品回收率以及单位直销价格不断增加; 单位零售价格、各成员利润以及总利润都是先减小后增大。同结论 1。而在集中式决策中, 单位零售价格、单位直销价格、服务水平、废旧品回收率。系统总利润都不断增加。同结论 4。

当 $\theta = 0.7$ 、 $\beta = 0.5$ 时, 随着 λ 的增加, 由表 2 可知: 在零售和电商双渠道下, 无论是分散式决策还是集中式决策系统中, 由于服务是由零售商提供的, 所以制造商的相关决策变量不受影响, 而单位零售价格、服务水平、各成员的利润以及总利润都随之增加。结论 2、5。

当 $\theta = 0.7$ 、 $\lambda = 0.3$ 时, 随着 β 的增加, 由表 2 可知: 单位零售价格、服务水平、各成员的利润以及总利润都随之减少。同结论 3、6。

由表 2 可以很容易的看出: 无论 θ 、 λ 以及 β 如何变化, 总体上看, 在零售商回收的双渠道闭环供应链中, 集中式决策系统总是优于分散式决策系统。同结论 7。

Table 2. A comparative static analysis of θ, λ, β

表 2. 关于 θ, λ, β 的比较静态分析结果

	分散式决策系统							集中式决策系统						
	零售商			制造商				系统						
θ														
λ														
β														
	$p_t^{D^*}$	s^{D^*}	τ^{D^*}	$\pi_r^{D^*}$	$p_d^{D^*}$	w^{D^*}	b^{D^*}	$\pi_m^{D^*}$	π^{D^*}	$p_t^{C^*}$	$p_d^{C^*}$	s^{C^*}	τ^{C^*}	π^{C^*}

Continued

0.5 0.3 0.5	85.14	18.29	1.02	3.82	44.89	69.89	20	8.13	11.95	75.28	44.79	36.58	2.08	16.28
0.55 0.3 0.5	83.92	18.75	1.38	3.52	47.36	69.86	20	8.07	11.59	75.34	47.21	37.50	2.83	16.18
0.6 0.3 0.5	82.73	19.35	1.69	3.24	49.83	69.83	20	8.14	11.38	75.46	49.65	38.70	3.44	16.35
0.7 0.3 0.5	80.49	21.42	2.17	2.70	54.78	69.78	20	8.61	11.32	75.98	54.55	42.85	4.41	17.33
0.8 0.3 0.5	78.83	27.27	2.53	2.30	59.74	69.74	20	9.60	11.91	77.66	59.48	54.54	5.12	19.34
0.85 0.3 0.5	79.10	37.50	2.67	2.38	62.23	69.73	20	10.71	13.09	80.70	61.95	75	5.42	21.57
0.7 0.1 0.5	77.54	5.17	2.17	1.96	54.78	69.78	20	7.14	9.10	70.07	54.55	10.34	4.41	14.37
0.7 0.2 0.5	78.43	11.53	2.17	2.18	54.78	69.78	20	7.58	9.77	71.86	54.55	23.07	4.41	15.27
0.7 0.3 0.5	80.49	21.42	2.17	2.70	54.78	69.78	20	8.61	11.32	75.98	54.55	42.85	4.41	17.33
0.7 0.4 0.5	85.85	42.85	2.17	4.04	54.78	69.78	20	11.29	15.33	86.70	54.55	85.71	4.41	22.69
0.7 0.3 0.4	81.78	30	2.17	3.02	54.78	69.78	20	9.26	12.28	78.55	54.55	60	4.41	18.61
0.7 0.3 0.5	80.49	21.42	2.17	2.70	54.78	69.78	20	8.61	11.32	75.98	54.55	42.85	4.41	17.33
0.7 0.3 0.6	79.78	16.66	2.17	2.52	54.78	69.78	20	8.26	10.78	74.55	54.55	33.33	4.41	16.61
0.7 0.3 0.7	79.32	13.63	2.17	2.41	54.78	69.78	20	8.03	10.44	73.65	54.55	27.27	4.41	16.16
0.7 0.3 0.8	79.01	11.53	2.17	2.331	54.78	69.78	20	7.87	10.20	73.02	54.55	23.07	4.41	15.84
0.7 0.3 0.9	78.78	10	2.17	2.27	54.78	69.78	20	7.76	10.03	72.55	54.55	20	4.41	15.61

6.2. 收益费用共享契约协调分析

收益费用共享契约协调双渠道闭环供应链系统的结果见表 3。

Table 3. Result of retailer recycling closed-loop supply chain under revenue cost sharing contract coordination
表 3. 收益费用共享契约协调下零售商回收闭环供应链的结果

ρ_R		$w_R(\rho)$	$b_R(\rho)$	π_{rR}^d	π_{mR}^d	$\pi_{mR}^d + \pi_{rR}^d$
范围	取值					
(0.16,0.25)	0.2	0.05	0.06	0.03	0.14	0.17
(0.25,0.35)	0.3	0.07	0.09	0.05	0.12	0.17
(0.35,0.45)	0.4	0.10	0.12	0.07	0.10	0.17
(0.45,0.50)	0.5	0.12	0.15	0.085	0.085	0.17

结合表 3 易知, 在收益费用共享契约协调下, 存在一个收益费用共享比例的取值范围 $\rho_R \in [0.1561, 0.5007]$, 在此区间内, 可使分散式决策系统中各企业获得的总利润 Π^{d*} 与集中式决策系统的总利润 Π^{c*} 一致; 制造商和零售商可讨价还价确定收益费用共享比例 ρ 的取值, 从而获得帕累托改进的利润。

7. 结论

本文研究了集中式决策和由零售商回收的分散式决策下双销售渠道闭环供应链, 研究发现: 相较于分散式决策, 集中式决策下的总利润较大, 且服务水平较高, 而单位零售价格随着服务弹性系数变化也有所变化, 总体上集中式决策优于分散式决策; 随着消费者直接渠道偏好度不断增加, 单位直销价格不断增大, 批发价格却不断减小, 单位零售价格、各成员的利润以及系统总利润先减少后增加, 因此对制造商而言, 只有当消费者直接渠道偏好度较大时, 开辟直接渠道才有意义; 服务成本系数不断增加时, 单位零售价格, 服务水平、各成员的利润以及系统总利润均不断减小; 当服务弹性系数在一定范围内增加时, 单位零售价格和服务水平不断增加, 总利润不断增大。由于集中式决策是从整条供应链角度出发希望达到的一个理想的状态, 供应链上的各个成员都以整条供应链的利益最大化为目标, 而在现实企业实践中供应链上的各个成员大多都是以自身利益最大化为目标, 多为分散式决策, 最后设计了收益费用共享契约协调了分散式决策下闭环供应链中存在的“双重边际效应”问题, 使其达到双渠道闭环供应链在集中式决策时的水平。本文只考虑了正常运营环境下的双渠道闭环供应链的决策研究, 在此基础上, 还可探讨突发事件干扰下双渠道闭环供应链的情形, 此外, 还可以考虑不同回收方式下双渠道闭环供应链决策比较, 以及单一销售渠道和双销售渠道下闭环供应链的策略对比。在互联网技术迅速发展的今天, 电子商务也得以迅猛发展, 线上和线下的竞争越来越激烈, 双渠道闭环供应链理论体系的不断发展和完善势必能成为解决许多现实问题的有力武器。

参考文献

- [1] Tsay, A.A. and Agrawal, N. (2004) Channel Conflict and Coordination in the E-Commerce Age. *Production & Operations Management*, **13**, 93-110. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2004.tb00147.x>
- [2] 但斌, 徐广业, 张旭梅. 电子商务环境下双渠道供应链协调的补偿策略研究[J]. 管理工程学报, 2012, 26(1): 125-130.
- [3] Chiang, W.Y.K., Chhajed, D. and Hess, J.D. (2003) Direct Marketing, Indirect Profits: A Strategic Analysis of Dual-Channel Supply-Chain Design. *Management Science*, **49**.
- [4] Yao, D.Q. and Liu, J.J. (2005) Competitive Pricing of Mixed Retail and e-Tail Distribution Channels. *Omega*, **33**, 235-247. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.04.007>
- [5] 许传永, 苟清龙, 周垂日, 等. 两层双渠道供应链的定价问题[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(10): 1741-1752.
- [6] Matsui, K. (2017) When Should a Manufacturer Set Its Direct Price and Wholesale Price in Dual-Channel Supply

- Chains. *European Journal of Operational Research*, **258**, 501-511. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.048>
- [7] Li, B., Chen, P., Li, Q., et al. (2014) Dual-Channel Supply Chain Pricing Decisions with a Risk-Averse Retailer. *International Journal of Production Research*, **52**, 7132-7147. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.939235>
- [8] 王小龙, 刘丽文. 竞争型双渠道供应链协调问题研究[J]. 系统工程学报, 2009, 24(4): 430-437.
- [9] Cai, G., Zhang, Z.G. and Zhang, M. (2009) Game Theoretical Perspectives on Dual-Channel Supply Chain Competition with Price Discounts and Pricing Schemes. *International Journal of Production Economics*, **117**, 80-96. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.053>
- [10] 丁正平, 刘业政. 存在搭便车时双渠道供应链的收益共享契约[J]. 系统工程学报, 2013, 28(3): 370-376.
- [11] Yan, R. and Pei, Z. (2009) Retail Services and Firm Profit in a Dual-Channel Market. *Journal of Retailing & Consumer Services*, **16**, 306-314. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2009.02.006>
- [12] Dan, B., Xu, G. and Liu, C. (2012) Pricing Policies in a Dual-Channel Supply Chain with Retail Services. *International Journal of Production Economics*, **139**, 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.014>
- [13] He, R., Xiong, Y. and Lin, Z. (2016) Carbon Emissions in a Dual Channel Closed Loop Supply Chain: The Impact of Consumer Free Riding Behavior. *Journal of Cleaner Production*, **134**, 384-394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.142>
- [14] Helo, P. (2004) Managing Agility and Productivity in the Electronics Industry. *Industrial Management & Data Systems*, **104**, 567-577. <https://doi.org/10.1108/02635570410550232>
- [15] Lebreton, B. and Tuma, A. (2006) A Quantitative Approach to Assessing the Profitability of Car and Truck Tire Remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, **104**, 639-652. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.010>
- [16] Wassenhove, L.N.V. (2009) The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. *Operations Research*, **57**, 10-18. <https://doi.org/10.1287/opre.1080.0628>
- [17] Hsueh, C.F. (2011) An Inventory Control Model with Consideration of Remanufacturing and Product Life Cycle. *International Journal of Production Economics*, **133**, 645-652. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.05.007>
- [18] Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M.Y., et al. (2011) Informal Electronic Waste Recycling: A Sector Review with Special Focus on China. *Waste Management*, **31**, 731-742. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.006>
- [19] Gan, S.S., Pujawan, I.N., Suparno, et al. (2016) Pricing Decision for New and Remanufactured Product in a Closed-Loop Supply Chain with Separate Sales-Channel. *International Journal of Production Economics*, **190**, 120-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.016>
- [20] Savaskan, R.C., Bhattacharya, S. and Wassenhove, L.N.V. (2004) Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing. *Management Science*, **50**, 239-252. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1030.0186>
- [21] 黄祖庆, 易荣华, 达庆利. 第三方负责回收的再制造闭环供应链决策结构的效率分析[J]. 中国管理科学, 2008, 16(3): 73-77.
- [22] 葛静燕, 黄培清. 基于博弈论的闭环供应链定价策略分析[J]. 系统工程学报, 2008, 23(1): 111-115.
- [23] 王文宾, 达庆利, 聂锐. 考虑渠道权力结构的闭环供应链定价与协调[J]. 中国管理科学, 2011, 19(5): 29-36.
- [24] 谢家平, 梁玲, 李燕雨, 等. 闭环供应链下收益共享契约机制策略研究[J]. 管理工程学报, 2017, 31(2): 185-193.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2169-2556, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ass@hanspub.org