

控制与决策

Control and Decision

带有订单转保理的供应链金融的收益共享博弈模型

南江霞, 李帅, 张茂军

引用本文:

南江霞, 李帅, 张茂军. 带有订单转保理的供应链金融的收益共享博弈模型[J]. *控制与决策*, 2023, 38(6): 1745–1752.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2021.1656>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[基于零售商资金约束供应链采用RFID技术的决策及融资分析](#)

Equilibrium strategies of RFID adoption and financing in a supply chain with a capital-constrained retailer

控制与决策. 2022, 37(3): 701–711 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0930>

[平台品牌赋能情境下考虑信息不对称的供应链渠道冲突](#)

Supply chain channel conflicts considering asymmetric information under platform brand empowerment

控制与决策. 2021, 36(9): 2123–2132 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0098>

[不同担保模式下考虑零售商公平关切的闭环供应链博弈模型](#)

Game models of closed-loop supply chain under different warranty modes considering retailer's fairness concerns

控制与决策. 2021, 36(6): 1489–1498 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1328>

[模糊环境下考虑零售商风险偏好的绿色供应链博弈模型](#)

Modeling green supply chain games considering retailer's risk preference in fuzzy environment

控制与决策. 2021, 36(3): 711–723 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0646>

[损失厌恶下考虑参照利润效应的供应链决策模型](#)

Decision model of supply chain considering reference profit under loss aversion

控制与决策. 2020, 35(11): 2810–2816 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0094>

带有订单转保理供应链金融的收益共享博弈模型

南江霞^{1,2}, 李 帅², 张茂军^{1†}

(1. 苏州科技大学 商学院, 江苏 苏州 215009; 2. 桂林电子科技大学 数学与计算科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 当作为供应商的中小企业出现了严重的财务困境问题时, 急需有效融资工具和创新管理模式加以解决. 订单转保理可以令资质良好的零售商为资金短缺的供应商提供融资担保, 有效解决供应商的订单减少和融资难的问题. 然而, 分散决策的订单转保理融资模式, 使得做担保的零售商的收益降低, 不能明显改善供应链效率. 针对此问题, 研究订单转保理模式下的供应链协调模型, 并重点研究由供应商与零售商组成的二级供应链的订单转保理收益共享模型. 研究发现: 收益共享决策模型供应链总收益小于集中决策供应链总收益, 大于分散决策的供应链总收益, 表明供应链成员相互合作程度越高, 越有利于供应链发展, 从而表明协调在供应链中发挥重要作用. 然而, 集中决策模型只能得到供应链最优总收益, 无法得到供应商和零售商的最优收益. 收益共享模型不仅能够提高产品订货量, 降低产品批发价格, 增加供应商和零售商的收益, 而且通过最优的收益共享系数可以得到供应商和零售商的最优收益. 收益共享机制能够为供应商和零售商共赢协调发展提供新的运作管理模式.

关键词: 供应链金融; 保理融资; Stackelberg 博弈; 收益共享

中图分类号: F224; F272.3

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2021.1656

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 南江霞, 李帅, 张茂军. 带有订单转保理的供应链金融的收益共享博弈模型[J]. 控制与决策, 2023, 38(6): 1745-1752.

Revenue sharing game model of supply chain finance with order-to-factoring financing

NAN Jiang-xia^{1,2}, LI Shuai², ZHANG Mao-jun^{1†}

(1. School of Business, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China; 2. School of Mathematics and Computing Science, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: At the present environment of the ongoing epidemic situation, the small and medium-sized enterprises (SMEs), as suppliers, are experiencing serious financial distress problems that urgently need to be addressed by effective financing tools and innovative management models. Order-to-factoring allows the well-qualified retailer to provide financing guarantees for the supplier who are short of funds, and effectively solve the problem of reduced orders and difficult financing for the supplier. However, the decentralised decision making model of order-to-factor financing reduces the revenue for the retailer who acts as a guarantor and does not significantly improve supply chain efficiency. For this problem, this paper examines a supply chain coordination model with the order-to-factoring mode, focusing on the revenue sharing model for a secondary supply chain that consists of the supplier and the retailer under the order-to-factoring. Research shows that the total benefits of the supply chain under the revenue sharing model are smaller than the total revenue of the supply chain under the centralized decision making, and are larger than the total revenue of the supply chain under the decentralized decision making. It is indicated that the higher the level of cooperation between supply chain members, the more beneficial it is to the development of the supply chain, thus demonstrating that coordination plays an important role in the supply chain. However, the centralised decision model only obtains the optimal total revenue of the supply chain, without being able to obtain the optimal revenue of the supplier and the retailer, respectively. The revenue sharing model not only increases the product order quantity, reduces the wholesale price of the product and increases the benefits for the supplier and retailer, but also obtains the optimal revenue of the supplier and the retailer through the optimal revenue sharing coefficient. The revenue sharing mechanism provides a new operational management model for the win-win coordination of suppliers and retailers.

Keywords: supply chain finance; factoring financing; Stackelberg game; revenue-sharing

收稿日期: 2021-09-23; 录用日期: 2022-01-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(72061007, 71961004); 苏州科技大学科研启动项目(332111807, 332111801); 江苏省社会科学基金项目(22GLB009); 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX22_3248).

责任编辑: 霍宝锋.

†通讯作者. E-mail: 2721@mail.usts.edu.cn.

0 引言

近几年,供应链金融发展呈现突飞猛进的态势,各类供应链金融服务平台层出不穷,供应链金融市场规模持续扩张.有研究显示,2020年我国供应链金融市场总规模可达15.3万亿元.供应链金融的一个重要目的就是帮助中小企业缓解融资难的问题,通过贸易信贷或者保理等融资产品,支持中小微企业获得融资便利.沃尔玛是世界500强企业,每年在中国的采购额高达120亿美元,上游供货商有上万家,其中大多为中小企业.长期以来,这些中小供货企业由于无法提供有效抵押,加上内部财务管理不够规范等因素,很难从银行获得贷款,资金短缺成为长期困扰企业经营的难题.2005年6月,工商银行深圳分行研发了沃尔玛供应商融资方案,即订单转保理融资方案.摆脱单纯依赖借款人自身信用的传统做法,依托交易伙伴——沃尔玛公司优质的信用,对相关物流与现金流实行封闭管理,为供应商提供采购、生产、销售全流程的融资支持.沃尔玛为其供应商提供信用担保,让供应商从银行融资用于生产零售商的订单产品,然后供应商将产品批发给零售商.这种订单转保理解决了供应商融资困难问题.于辉等^[1]研究发现,这种订单转保理业务并不能完全满足供应链参与者之间的融资需求,也不能明显改善供应链效率.此外,零售商为供应商做担保,但是收益反而降低,这表明订单转保理模式下协调依旧需要发挥重要作用.尤其在数字经济时代,研究供应链之间的合作与共享机制尤为重要.收益共享契约在协调供应链成员利益方面发挥着重要作用,使制造商和零售商的利益增加,同时提高供应链的效率.收益共享契约在一般的供应链中已得到广泛应用,然而,鲜有文献研究基于订单转保理的供应链金融的收益共享契约模型.

鉴于此,本文研究零售商为资金约束的供应商做担保,将产品销售所得利润按照一定比例分配给供应商,供应商以较低价格将产品批发给零售商,同时供应商支付零售商担保费用,即建立供应商和零售商的收益共享契约,使供应链金融中供应商和零售商的利益增加,而且提高供应链的总体收益.构建基于订单转保理的收益共享博弈模型,以期讨论收益共享系数和保理回报率对订货量、批发价格和供应链总收益的影响,对比分析分散决策、集中决策和收益共享3种博弈模型中供应商的批发价和零售商的订货量以及供应链利益.研究发现,收益共享决策模型供应链的总收益小于集中决策供应链总收益,大于分散决策的供应链总收益.集中决策模型只能得到供应链最

优总收益,无法得到供应商和零售商的最优收益.收益共享契约可以得到零售商和供应商的最优收益,提高零售商的订货量,降低供应商的产品的批发价格,使零售商和供应商的收益都增加,而且提高供应链的效率.本文建立的收益共享博弈模型能够改善供应链运作管理效率,为供应链金融管理提供决策参考.

1 文献评述

供应链金融是供应链管理和金融学的一个交叉性研究热点问题,学术界和企业界在理论研究、分析方法以及实际应用等方面开展了深入研究.供应链金融的主要目标是通过供应链中的产品、信息和资本提升现金流管理,其核心内容是融资资产的定价与合约设计.与本文相关的文献主要包括供应链金融的保理研究和收益共享协调机制.

当供应商为核心企业提供货物或服务时,由于核心企业尚未及时支付供应商货款,从而形成了供应商与核心企业之间的应收账款.保理是为应收账款等融资资产提供保障的金融业务,是供应链金融中的主要融资模式之一.为了确保核心企业到期支付供应商应收账款,供应商从保理商(银行等金融机构)购买保理产品,为其提供融资和应收账款催收、信用风险控制等服务.保理业务更适合供应链中的中小企业融资,也受宏观经济、行业特征等经济因素的影响^[2-3].在保理契约设计中,如何合理确定保理商和核心企业的最优贷款和利率受到了学者们的广泛关注.Vliet等^[4]利用博弈理论分析了保理商和核心企业贷款利率的理论模型以及影响贷款利率的因素.林强等^[5]认为保理融资模式下核心企业的最优订货量、供应链总利润及转移支付均大于直接贷款模式下的情况,并且当制造商向供应商所报成本为其真实成本时,制造商所获利润最大.由于供应链中中小企业的成长能力和盈利能力均较差,经常出现破产倒闭的情况,在保理合同设计时需要考虑供应商的破产成本^[6].在保理业务中,供应链参与方并不能完全了解业务流程的全部信息.随着区块链技术的发展,区块链技术对业务流程的不可篡改和可溯源性,有效提高了保理业务的透明性、运作效率且使得主体行为决策更加合理化^[7].上述研究主要是正向保理,即上游核心企业为下游中小企业提供保理.另一类是反向保理,即下游核心企业为上游中小企业提供保理,主要集中在定性分析,定量研究得较少.陈中洁等^[8]探讨了反向保理情形下的供应链决策.当供应商资金约束时,反向保理增加供应链收益,且核心企业受益更多.Kouvelis等^[9]分析了基于正向保理和反

向保理的供应链博弈模型,认为合理设计保理业务可以增加零售商的利润. Devalkar等^[10]认为贸易信贷与反向保理相结合可以有效解决供应商道德风险,提高供应链效率. 于辉等^[1]研究发现,在供应商与零售商构成的二级供应链中,零售商做担保反而会降低其收益,从而表明供应链协调的重要性. 上述研究表明,正向保理和反向保理会促进中小企业的发展,表明了保理业务开展的重要性. 但是,文献[1]表明零售商(核心企业)在提供担保时导致其收益有所下降,协调在供应链金融起着重要作用. 然而,目前关于反向保理的供应链协调研究的文献相对匮乏.

与本研究相关的另一类文献是关于收益共享契约模型. Hu等^[11]提出了一种新的订单惩罚和回扣合同,结合了收益共享契约,协调供应链实现双赢. Peng等^[12]提出了减少碳排放量补贴的收益共享,可以在总利润和碳减排水平方面有效协调供应链. Yao等^[13]研究发现,在契约中提供收益分享比只提供价格契约能获得更好的效率. 已有研究不仅表明了收益共享契约可以有效提高供应链整体的盈利能力和提高供应链的效率,而且表明了收益共享契约在协调供应链中的重要作用^[14-15]. 目前,收益共享契约的相关研究大多针对一般的供应链协调,鲜有在订单转保理中研究收益共享契约协调的相关研究.

基于上述不足,本文提出在零售商与供应商间订单转保理契约下的供应链收益共享博弈模型,从定量的角度进行分析,研究发现:收益共享博弈模型可以实现供应链成员共赢,有效提高供应链的运作效率.

2 供应链金融的博弈模型

考虑一个由供应商和零售商组成的二级供应链金融系统,零售商决定给供应商提供保理,获取银行融资,用于研发和生产零售商的订单产品,供应商将生产的产品批发给零售商,在这个过程中零售商向供应商收取担保费,保理回报率低于银行的利率.

本文基本假设如下:

- 1) 由于供应商受资金约束,需要融资;
- 2) 供应商收益足够支付银行贷款费用和保理费;
- 3) 供应商、零售商与银行3方间信息完全对称;
- 4) 市场需求是密度函数为 $f(D)$ 和分布函数为 $F(D)$ 的随机变量,满足递增失败率(increasing failure rate, IFR)^[16].

文中符号说明如表1所示.

2.1 基于订单转保理的分散决策博弈模型

为了与收益共享博弈模型进行比较,首先介绍分散决策博弈模型,其思想是制造商和零售商根据自己

表1 符号说明

符号	含义	符号	含义
ω	批发价格	q	零售商的订货量
η	供应商自有资金	r	银行贷款利率
c	供应商生产产品的单位成本	p	零售价格
a	均匀分布的上界	b	均匀分布的下界
s	单位产品的剩余残值($c > s$)	D	市场对产品的需求量
ε	零售商提供信用担保的回报率		

的成本做出自己的决策,以最大化自身利益,但决策结果是相互影响的. 研究供应商为主导者、零售商为追随者的 Stackelberg 博弈模型. 该模型中,供应商首先在自有资金 η 的约束下,按照最大化其预期收益确定批发价格 ω ; 随后零售商根据此批发价格 ω ,按照最大化其预期收益确定订货量 q . 鉴于供应商的融资需求,获取订单后向银行申请贷款 $cq - \eta$, 贷款利率为 r . 供应商与零售商签订订单转保理合同,规定在零售商为供应商提供产品订单的条件下,以费率 ε 为供应商提供担保,收取保理费 $(cq - \eta)\varepsilon$. 供应商以单位成本 c 生产产品,零售商以价格 p 销售产品,预期销售量为 $E[\min\{q, D\}]$ (其中 $E[\cdot]$ 为数学期望符号). 由于市场需求 D 的不确定性,考虑单位产品剩余残值为 s ,其预期收益为 $sE[(q - D)^+]$. 零售商的期望收益函数为 $E[\pi_r(q)] = pE \min\{q, D\} + sE(q - D)^+ + (cq - \eta)\varepsilon - \omega q$, 供应商的期望收益函数为 $E[\pi_s(\omega)] = (\omega - c)q - (cq - \eta)(r + \varepsilon)$.

根据 Stackelberg 博弈模型的基本理论,首先按照零售商最大化其预期收益选择最优订货量,其模型表述为

$$\max_q E[\pi_r(q)]; \tag{1}$$

其次,供应商按照最大化其预期收益为目标选取最优批发价,其模型表述为

$$\max_\omega E[\pi_s(\omega)]. \tag{2}$$

具体计算方法与一般文献的计算方法类似,首先对式(1)关于 q 求一阶导和二阶导,然后对式(2)关于 ω 求一阶导和二阶导,可得供应商的最优批发价和零售商的订货量分别为

$$w_1^*(q_1^*) = c(1 + r + \varepsilon) + (p - s)q_1^* f(q_1^*), \tag{3}$$

$$F(q_1^*) + q_1^* f(q_1^*) = \frac{p - c(1 + r)}{(p - s)}; \tag{4}$$

可得分散决策下零售商、供应商以及供应链整体的最优期望收益分别为

$$E[\pi_{r1}(q_1^*)] = (s - p) \int_0^{q_1^*} F(x)dx + (p - c(1 + r))q_1^* -$$

$$\begin{aligned}
 &(p-s)(q_1^*)^2 f(q_1^*) - \eta\varepsilon, \\
 &E[\pi_{s1}(q_1^*)] = (p-s)(q_1^*)^2 f(q_1^*) + \eta(r+\varepsilon), \\
 &E[\pi_{c1}(q_1^*)] = \\
 &(s-p) \int_0^{q_1^*} F(x)dx + (p-c(1+r))q_1^* + \eta r. \quad (5)
 \end{aligned}$$

由文献[1]可知,与零售商不提供担保($\varepsilon = 0$)时相比,零售商为供应商担保($\varepsilon \neq 0$)时其收益反而降低,同时增加了供应商的收益,但供应链的总收益不变.当零售商不愿提供担保,银行不参与融资时,供应商受自有资金的约束,不足以生产零售商的订单,从而导致供应链总收益下降,表明订单转保理业务有利于供应链总收益增加,但为了保证供应链的稳定发展,协调将发挥重要的作用.

2.2 基于订单转保理的集中决策博弈模型

集中决策博弈模型是一个理想化的模型,其将供应商和零售商看作整体,二者不再以最大化自身利益为目标做出单独决策,而是以最大化供应链整体收益为目标的集体决策.已有研究证明了集中决策供应链总收益为最优.此时,供应链的期望收益函数为

$$\begin{aligned}
 E[\pi_c(q)] &= pE \min\{q, D\} + sE(q-D)^+ - \\
 &cq - (cq - \eta)r. \quad (6)
 \end{aligned}$$

化简式(6)可得

$$\begin{aligned}
 E[\pi_c(q)] &= \\
 &(s-p) \int_0^q F(x)dx + (p-c(1+r))q + \eta r. \quad (7)
 \end{aligned}$$

集中决策博弈模型为

$$\max_{q \geq 0} E[\pi_c(q)]. \quad (8)$$

对式(8)的目标函数求关于 q 的一阶和二阶导,可得

$$\begin{aligned}
 \frac{dE[\pi_c(q)]}{dq} &= (s-p)F(q) + p-c(1+r), \\
 \frac{d^2E[\pi_c(q)]}{dq^2} &= (s-p)f(q).
 \end{aligned}$$

又因为 $s-p < 0, f(q) > 0$,故 $d^2E[\pi_c(q)]/dq^2 < 0$,因此,式(8)供应链的总收益函数为严格凹函数,存在最优订单量 q_2^* .根据模型(8)的最优性条件 $dE[\pi_c(q)]/dq = 0$,可得

$$F(q_2^*) = \frac{p-c(1+r)}{p-s}. \quad (9)$$

将式(9)代入(7),得到供应链的期望总收益为

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{c2}(q_2^*)] &= \\
 &(s-p) \int_0^{q_2^*} F(x)dx + [p-c(1+r)]q_2^* + \eta r. \quad (10)
 \end{aligned}$$

可以看出在集中决策模型下,供应链的总期望收益 $E[\pi_{c2}(q_2^*)]$ 与回报率 ε 无关.然而,集中决策由于将供

应商和制造商看成一个整体,只能得到供应链的最优总收益,无法得到供应商和零售商各自的最优收益,还需要制定公平合理的收益分配机制.

2.3 基于订单转保理的收益共享博弈模型

在分散决策博弈模型和集中决策博弈模型的基础上,为使供应链成员进一步达成合作,在提升供应链整体收益的同时,也应使供应商和零售商各自收益不小于分散决策博弈模型下的收益.因此,运用收益共享契约进行协调,激励零售商从供应链整体利益最大化角度确定订货量,供应商以较低的批发价将产品批发给零售商,零售商再将产品销售所得利润,以一定比例与供应商共享.用 λ 表示零售商从销售收入获得的共享比例,则供应商的共享比例为 $1-\lambda$,零售商的期望收益函数为

$$\begin{aligned}
 E_\lambda[\pi_r(q)] &= \lambda[pE \min\{q, D\} + sE(q-D)^+ + \\
 &(cq - \eta)\varepsilon - wq]. \quad (11)
 \end{aligned}$$

供应商的期望收益函数为

$$\begin{aligned}
 E_\lambda[\pi_s(w)] &= (w-c)q - (cq - \eta)(r+\varepsilon) + \\
 &(1-\lambda)[pE \min\{q, D\} + (cq - \eta)\varepsilon - \\
 &wq + sE(q-D)^+]. \quad (12)
 \end{aligned}$$

根据Stackelberg博弈模型的基本理论,首先按照零售商最大化其预期收益选择最优订货量,其模型表述为

$$\max_q E_\lambda[\pi_r(q)]. \quad (13)$$

对式(11)进行化简,可得

$$\begin{aligned}
 E_\lambda[\pi_r(q)] &= \\
 &\lambda \left[(s-p) \int_0^q F(x)dx + (c\varepsilon + p-w)q - \eta\varepsilon \right].
 \end{aligned}$$

对 $E_\lambda[\pi_r(q)]$ 求关于 q 的一阶导和二阶导,有

$$\begin{aligned}
 \frac{dE_\lambda[\pi_r(q)]}{dq} &= \lambda[(s-p)F(q) + (c\varepsilon + p-w)], \\
 \frac{d^2E_\lambda[\pi_r(q)]}{dq^2} &= \lambda(s-p)f(q).
 \end{aligned}$$

显然 $d^2E_\lambda[\pi_r(q)]/dq^2 < 0$ 成立,则存在最优的 q_3^* .又根据式(14)的最优性条件,令 $dE_\lambda[\pi_r(q)]/dq = 0$,可得

$$F(q_3^*) = \frac{c\varepsilon + p-w}{p-s}. \quad (14)$$

其次,按照供应商最大化其预期收益选择最优批发价,其模型表述为

$$\max_w E_\lambda[\pi_s(w)]. \quad (15)$$

化简式(12),有

$$E_\lambda[\pi_s(w)] =$$

$$\begin{aligned}
& [p - c(1 + r)]q + (s - p) \int_0^q F(x)dx - \\
& \lambda \left[(s - p) \int_0^q F(x)dx + (c\varepsilon + p - w)q - \eta\varepsilon \right] + \eta r.
\end{aligned} \tag{16}$$

对式(16)的 $E_\lambda[\pi_s(w)]$ 求关于 w 的一阶导和二阶导, 可得

$$\begin{aligned}
\frac{dE_\lambda[\pi_s(w)]}{dw} = & - [p - c(1 + r)] \frac{1}{(p - s)f(q_3^*)} + \\
& (p - s)F(q_3^*) \frac{1}{(p - s)f(q_3^*)} - \\
& \lambda \left[(p - s)F(q_3^*) \frac{1}{(p - s)f(q_3^*)} - \right. \\
& \left. (c\varepsilon + p - w) \frac{1}{(p - s)f(q_3^*)} - q_3^* \right], \\
\frac{d^2E_\lambda[\pi_s(w)]}{dw^2} = & - \frac{[p - c(1 + r)] f'(q_3^*)}{(p - s)^2 f(q_3^*)^2 f(q_3^*)} - \\
& \frac{[(s - p)F(q_3^*)] f'(q_3^*)}{(p - s)^2 f(q_3^*)^2 f(q_3^*)} - \frac{1 + \lambda}{(p - s)f(q_3^*)}.
\end{aligned}$$

由于需求函数满足 IFR, 有 $\left[\frac{f(q_3^*)}{1 - F(q_3^*)} \right]' \geq 0$, 即 $\frac{f'(q_3^*)}{f(q_3^*)} \geq -\frac{f(q_3^*)}{1 - F(q_3^*)}$, $\frac{d^2E_\lambda[\pi_s(w)]}{dw^2} < 0$ 成立. 又根据式(15)的最优性条件, 令 $dE_\lambda[\pi_s(w)]/dw = 0$, 可得供应商的最优批发价为

$$w_3^*(q_3^*) = \lambda(p - s)q_3^*f(q_3^*) + c(1 + r + \varepsilon). \tag{17}$$

将式(17)代入(14), 可得

$$F(q_3^*) + \lambda q_3^* f(q_3^*) = \frac{p - c(1 + r)}{p - s}. \tag{18}$$

将式(17)和(18)代入(11)和(12), 得到零售商、供应商和供应链整体的期望收益分别为

$$\begin{aligned}
E_\lambda[\pi_{r3}(q_3^*)] = & \lambda \left[(s - p) \int_0^{q_3^*} F(x)dx + \right. \\
& \left. (p - c(1 + r))q_3^* - \eta\varepsilon \right] - \lambda^2(p - s)(q_3^*)^2 f(q_3^*), \\
E_\lambda[\pi_{s3}(q_3^*)] = & (1 - \lambda)[p - c(1 + r)]q_3^* + \eta r + \lambda\eta\varepsilon + \\
& (1 - \lambda)(s - p) \int_0^{q_3^*} F(x)dx + \lambda^2(p - s)(q_3^*)^2 f(q_3^*), \\
E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] = & (s - p) \int_0^{q_3^*} F(x)dx + [p - c(1 + r)]q_3^* + \eta r.
\end{aligned}$$

在收益共享契约下, 首先要保证供应链参与者的收益大于等于分散决策博弈模型下的收益, 即满足个体合理性条件 $E_\lambda[\pi_{r3}(q_3^*)] \geq E[\pi_{r1}(q_1^*)]$ 和

$E_\lambda[\pi_{s3}(q_3^*)] \geq E[\pi_{s1}(q_1^*)]$. 由 $E_\lambda[\pi_{r3}(q_3^*)] \geq E[\pi_{r1}(q_1^*)]$ 得到零售商满足个体合理性的收益共享系数 λ 的范围 $[\lambda_1, \lambda_2]$, 再由 $E_\lambda[\pi_{s3}(q_3^*)] \geq E[\pi_{s1}(q_1^*)]$ 得到供应商满足个体合理性的收益共享范围 $[\lambda_3, \lambda_4]$. $[\lambda_1, \lambda_2]$ 与 $[\lambda_3, \lambda_4]$ 的交集称为满足个体合理性的收益共享系数范围, 即通过协调收益共享系数使得供应商和零售商的收益都大于分散决策时的收益.

2.4 三类模型比较

比较分析分散决策模型、集中决策模式和收益共享模型的订货量、批发价和供应链的总收益. 假定需求函数为确定上界和下界的均匀分布^[17], 即密度函数为 $f(x) = 1/(b - a)$, 分布函数为 $F(x) = \int_a^x \frac{1}{b - a} dx$, 且已知上界为 b , 下界为 a .

命题1 当 $0 < \lambda < 1$ 时, $q_2^* > q_3^* > q_1^*$ 恒成立.

证明 由于需求函数为均匀分布, 根据式(4)、(9)和(18)可知, 式(1)、(8)和(13)的最优订货量分别为

$$\begin{aligned}
q_1^* &= \frac{(b - a)(p - c - cr)}{2(p - s)} + \frac{a}{2}, \\
q_2^* &= \frac{(b - a)(p - c - cr)}{(p - s)} + a, \\
q_3^* &= \frac{(b - a)(p - c - cr)}{(1 + \lambda)(p - s)} + \frac{a}{1 + \lambda}.
\end{aligned}$$

由于 $0 < \lambda < 1$, 有 $1/2 < 1/(1 + \lambda) < 1$, $q_2^* > q_3^* > q_1^*$. \square

命题1表明, 集中决策博弈模型下零售商的订货量最高, 其次是收益共享决策博弈模型, 分散决策博弈模型零售商的订货量最低. 因此, 有效协调能够提高供应链的订货量. 不难看出, 收益共享系数越小, 收益共享博弈模型下的订货量越大, 但是仍小于集中决策博弈下的订货量, 且保理回报率对3种博弈模型的订货量无影响.

命题2 当 $0 < \lambda < 1$ 时, $w_1^* > w_3^*$ 成立.

证明 因为需求函数为均匀分布, 代入式(3)和(17), 有

$$\begin{aligned}
w_1^* &= c(1 + r + \varepsilon) + \frac{p - c - cr}{2} + \frac{(p - s)}{2(b - a)}, \\
w_3^* &= c(1 + r + \varepsilon) + \frac{\lambda}{\lambda + 1} \left[(p - c - cr) + \frac{(p - s)}{2(b - a)} \right], \\
w_3^* - w_1^* &= \frac{\lambda - 1}{2(\lambda + 1)} \left[(p - c - cr) + \frac{(p - s)}{(b - a)} \right].
\end{aligned}$$

由于 $0 < \lambda < 1$, 即 $\lambda - 1 < 0$, 又因为 $p - c - cr > 0$ 及 $b - a > 0$, 可得 $w_1^* > w_3^*$. \square

命题2表明, 分散决策博弈模型的批发价格高于收益共享博弈模型的批发价格, 这说明收益共享博弈模型有利于降低产品的批发价格. 可以看出, 批发价格随着保理回报率和收益共享系数的增加而增大.

命题3 当 $0 < \lambda < 1$ 时, $E[\pi_{c2}(q_2^*)] > E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] > E[\pi_{c1}(q_1^*)]$ 成立.

证明 由上述式(1)和(13)及其最优订货量可知

$$E[\pi_{c1}(q_1^*)] - E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] = \frac{3\lambda^2 - 2\lambda - 1}{4(1 + \lambda)} \left[p - c - cr + \frac{a(p - s)}{b - a} \right] \times \left[\frac{(b - a)(p - c - cr)}{2(1 + \lambda)(p - s)} + \frac{a}{2(1 + \lambda)} \right].$$

利用二次函数求解可知, 当 $0 < \lambda < 1$ 时, $\frac{3\lambda^2 - 2\lambda - 1}{4(1 + \lambda)} < 0$ 成立. 由符号定义可知, $p - c(1 + r) > 0, b - a > 0$ 且 $p - s > 0$, 则有 $\left[p - c - cr + \frac{a(p - s)}{b - a} \right] \left[\frac{(b - a)(p - c - cr)}{2(1 + \lambda)(p - s)} + \frac{a}{2(1 + \lambda)} \right] > 0$. 由此可证 $E[\pi_{c1}(q_1^*)] - E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] < 0$.

同理, 由上述式(9)和(13)及其最优订货量可知

$$E[\pi_{c2}(q_2^*)] - E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] = \frac{\lambda^2}{2(1 + \lambda)} \left[p - c - cr + \frac{a(p - s)}{b - a} \right] \times \left[\frac{(b - a)(p - c - cr)}{(1 + \lambda)(p - s)} + \frac{a}{1 + \lambda} \right].$$

当 $0 < \lambda < 1$ 时, $\frac{\lambda^2}{2(1 + \lambda)} > 0$ 成立, 根据

$$\left[p - c - cr + \frac{a(p - s)}{b - a} \right] \times \left[\frac{(b - a)(p - c - cr)}{(1 + \lambda)(p - s)} + \frac{a}{1 + \lambda} \right] > 0.$$

可得 $E[\pi_{c2}(q_2^*)] - E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] > 0$, 因此 $E[\pi_{c2}(q_2^*)] > E_\lambda[\pi_{c3}(q_3^*)] > E[\pi_{c1}(q_1^*)]$. \square

命题3表明, 集中决策博弈模型中供应链的期望总收益最大, 分散决策博弈模型中供应链的期望总收益最小, 收益共享博弈模型中供应链的期望总收益介于两者之间. 由此可知, 供应链成员相互合作程度越高, 越有利于供应链发展, 表明协调在供应链中发挥着重要作用. 但是, 集中决策模型是一种理想化的模式, 且得不到供应商和零售商各自的最优收益. 通过协调收益共享系数可以使供应商和零售商的收益高于分散决策模型, 因此收益共享模型更有利于提高供应链的盈利能力.

3 数值分析

通过对分散决策、集中决策和收益共享下的博弈模型进行分析比较可知, 保理回报率对订货量和供应链的总收益无影响, 批发价格随着保理回报率的增加而增加, 订货量和供应链金融效率随着收益共享系数的增加而降低, 批发价格随着收益共享系数的增加而增加. 为了验证上述结论, 本节对上述模型进行

数值仿真. 为便于分析, 假定需求函数为确定上界和下界的均匀分布, 即密度函数为 $f(x) = \frac{1}{b - a}$, 分布函数为 $F(x) = \int_a^x \frac{1}{b - a} dx$, 且已知上界为 b , 下界为 a . 在第2节的模型中, 取 $p = 50, r = 0.1, s = 15, \eta = 2000, c = 20, a = 60, b = 500$, 保理回报率分别为 0.04 和 0.06. 绘制了3类博弈模型的收益共享系数与零售商和供应商收益的关系如图1所示.

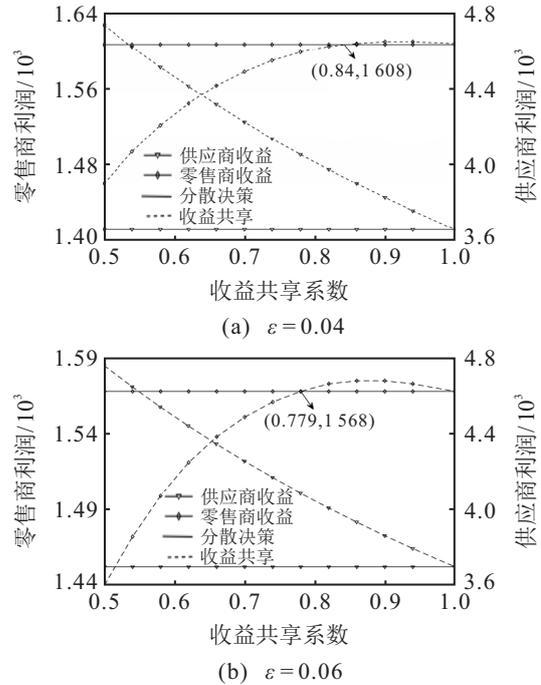


图1 收益共享系数与零售商和供应商收益的关系

由图1可知, 当保理回报率为0.04时, 在零售商和供应商都满足个体合理性的情况下, 二者进行合作. 具体地, 当收益共享系数小于0.84时, 零售商从自身的利益考虑, 无法达成双方满意的协议, 双方不会进行合作. 当收益共享系数大于0.84时, 零售商愿意达成合作, 当收益共享系数等于0.84时, 供应商的收益和供应链的总收益达到最大. 但是, 当收益共享系数属于 $(0.84, 1)$ 时, 供应商的收益随着收益共享系数的增加而减少, 而零售商的收益先增加后减少, 且零售商收益增加时斜率的绝对值小于供应商收益下降时斜率的绝对值, 进而导致供应链的总收益降低. 从供应链整体理由出发, 当保理回报率为0.04, 收益共享系数等于0.84时, 更有利于供应链成员达成收益共享契约及供应链整体更好的发展. 通过对比保理回报率分别为0.04和0.06可以发现: 在满足个体理性条件下, 保理回报率越大, 收益共享范围越大, 越有利于供应链上下游成员达成收益共享契约.

在满足个体合理性的基础上, 当保理回报率为0.04时, 不同收益共享系数与订货量、批发价格、供应链总收益的变化关系如图2所示.

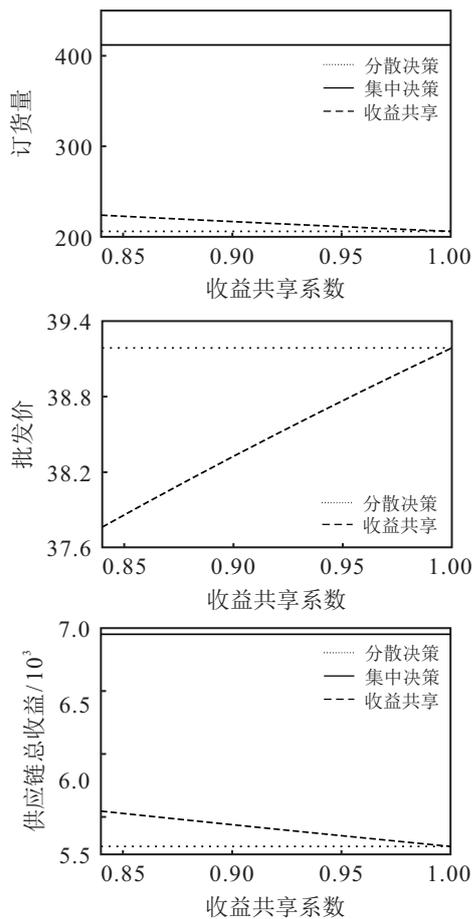


图2 收益共享系数与订货量、批发价、总收益的关系

由图2可见,集中决策博弈模型中零售商的订货量最高,其次是收益共享博弈模型中零售商的订货量,分散决策博弈模型中零售商的订货量最低.进一步发现,随着收益共享系数增加,收益共享契约下订货量是逐渐下降的,并且趋近于分散决策博弈模型的

订货量.分散决策博弈模型的批发价格总是高于收益共享博弈模型的批发价格,并且批发价格随着收益共享系数的增加而逐渐增加,最后趋近于分散决策博弈模型的批发价格,这表明收益共享博弈模型有利于降低产品的批发价格.由图2进一步可知,集中决策博弈模型中供应链的期望总收益最大,分散决策博弈模型中供应链的期望总收益最小,收益共享博弈模型中供应链的期望总收益介于两者之间,验证了命题3的结论.

分别用分散决策模型和收益共享模型的供应链总收益与集中决策模型的供应链总收益进行比较,得到分散决策和收益共享模型的供应链效率如表2所示.由表2可见,随着保理回报率逐渐增加,最优的收益共享系数越来越小,供应链的订货量逐渐增加,批发价格逐渐减小,这表明保理回报率越大,最优的收益共享系数越小,越有利于供应链成员更好地发展,尤其是有利于有资金约束的供应商的发展,使得其在供应链中的地位变得更加重要.对比分散决策博弈模型和收益共享契约下供应链的效率可以得出,分散决策博弈模型下供应链的效率与保理回报率和收益共享系数均无关.收益共享契约模型下,保理回报率和收益共享系数与供应链的效率有关,且保理回报率越大,供应链的效率越高,收益共享模型供应链的效率高于分散决策供应链效率.进一步表明收益共享模型使得供应商具有更大的议价能力和更重要的作用.因此,收益共享模型对于提高供应链的运作效率具有重要意义.

表2 不同保理回报率下收益共享模型的供应链金融效率

保理回报率	收益共享系数	订货量	批发价格	分散决策效率	收益共享效率
0.01	0.955	210	38.21	75.72	76.82
0.02	0.913	215	38.04	75.72	77.88
0.03	0.875	219	37.89	75.72	78.85
0.04	0.84	223	37.76	75.72	79.76
0.05	0.807	228	37.63	75.72	80.63
0.06	0.776	232	37.51	75.72	81.46
0.07	0.747	236	37.41	75.72	82.24
0.08	0.72	239	37.31	75.72	82.98

4 结论

为了研究供应链金融中的收益共享机制,本文将订单转保理作为供应商、零售商以及银行之间的融资产品,借助博弈论的基本理论与方法,研究供应链的最优订单、最优批发价以及共享经济效应等问题,并得到如下结论:

1) 引入收益共享契约对供应商和零售商的收益进行协调,建立收益共享博弈模型,并对分散决策、集

中决策和收益共享3种博弈模型进行对比分析.研究发现:集中决策模型供应链总收益最大,是一种理想状态,无法得到供应商和零售商各自的最优收益.在满足个体合理性条件下,收益共享决策模型的供应链总收益大于分散决策的供应链总收益.收益共享博弈模型下供应链各成员及供应链总收益有所提升,供应链金融成员之间加强合作,可以有效提高供应链系统的整体利润和供应链的运作效率.由此供应商可

以有更多的策略选择,使得受资金约束的供应商在策略选择上有一定的理论参考依据.

2) 收益共享博弈模型可以不同程度地提高产品订货量,降低产品批发价格,使供应链成员的收益有所增加,从而优化供应链的运作效率.因此,建议供应链上下游成员应当不以自身利益最大化为目标,而是以供应链的总收益最大化为目标,企业间加强信息共享,建立有效的合同契约,实现供应链上下游企业共赢的局面.这些研究成果不仅对供应链管理具有重要意义,对有效化解中小企业财务困境也有积极作用.

参考文献(References)

- [1] 于辉, 马云麟. 订单转保理融资模式的供应链金融模型[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(7): 1733-1743.
(Yu H, Ma Y L. The supply chain finance model—Based on the order-to-factoring mode[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2015, 35(7): 1733-1743.)
- [2] Klapper L. The role of factoring for financing small and medium enterprises[J]. Journal of Banking & Finance, 2006, 30(11): 3111-3130.
- [3] Swinney R, Netessine S. Long-term contracts under the threat of supplier default[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2009, 11(1): 109-127.
- [4] Vliet K, Reindorp M J, Fransoo J C. The price of reverse factoring: Financing rates vs. payment delays[J]. European Journal of Operational Research, 2015, 242(3): 842-853.
- [5] 林强, 郝琳, 贺勇. 不对称信息及保理融资模式下供应商-制造商契约参数设计[J]. 系统工程, 2014, 32(8): 67-73.
(Lin Q, Hao L, He Y. Supplier-manufacturer's contract parameter design with asymmetric information under factoring financing mode[J]. Systems Engineering, 2014, 32(8): 67-73.)
- [6] 张晓建, 沈厚才, 李娟, 等. 存在破产成本的保理决策研究[J]. 管理学报, 2013, 10(8): 1223-1229.
(Zhang X J, Shen H C, Li J, et al. A study on the factoring decisions when bankruptcy costs exist[J]. Chinese Journal of Management, 2013, 10(8): 1223-1229.)
- [7] 邓爱民, 李云凤. 基于区块链的供应链“智能保理”业务模式及博弈分析[J]. 管理评论, 2019, 31(9): 231-240.
(Deng A M, Li Y F. “Intelligent factoring” business model and game analysis in the supply chain based on block chain[J]. Management Review, 2019, 31(9): 231-240.)
- [8] 陈中洁, 于辉. 资金约束背景下反向保理的供应链合作[J]. 中国管理科学, 2018, 26(12): 113-123.
(Chen Z J, Yu H. Supply chain cooperation in reverse factoring when capital constraints[J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(12): 113-123.)
- [9] Kouvelis P, Xu F S. A supply chain theory of factoring and reverse factoring[J]. Management Science, 2021, 67(10): 6071-6088.
- [10] Devalkar S K, Krishnan H. The impact of working capital financing costs on the efficiency of trade credit[J]. Production and Operations Management, 2019, 28(4): 878-889.
- [11] Hu F, Lim C C, Lu Z D. Coordination of supply chains with a flexible ordering policy under yield and demand uncertainty[J]. International Journal of Production Economics, 2013, 146(2): 686-693.
- [12] Peng H J, Pang T, Cong J. Coordination contracts for a supply chain with yield uncertainty and low-carbon preference[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 205: 291-302.
- [13] Yao Z, Leung S C H, Lai K K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 186(2): 637-651.
- [14] Song H H, Gao X X. Green supply chain game model and analysis under revenue-sharing contract[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 170: 183-192.
- [15] Sluis S, de Giovanni P. The selection of contracts in supply chains: An empirical analysis[J]. Journal of Operations Management, 2016, 41: 1-11.
- [16] Cachon G P. The allocation of inventory risk in a supply chain: Push, pull, and advance-purchase discount contracts[J]. Management Science, 2004, 50(2): 222-238.
- [17] Kouvelis P, Zhao W H. Financing the newsvendor: Supplier vs. bank, and the structure of optimal trade credit contracts[J]. Operations Research, 2012, 60(3): 566-580.

作者简介

南江霞(1978—),女,教授,博士,从事博弈论及其应用等研究, E-mail: jiangxia1107@163.com;

李帅(1995—),男,硕士生,从事博弈论及其应用、供应链应用的研究, E-mail: 18834408751@163.com;

张茂军(1977—),男,教授,博士,从事金融工程等研究, E-mail: 2721@mail.usts.edu.cn.