

两级物流服务商参与的供应链最优决策与利益分配研究 ——基于多种合作模式视角

张建军^{1,2}, 赵启兰¹

(1. 北京交通大学 经济管理学院, 北京 100044;

2. 内蒙古农业大学 经济管理学院, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 在两级物流服务商参与的供应链系统中存在一条由制造商与零售商构成的产品供应链(PSC)和另一条由物流服务集成商和物流服务提供商构成的物流服务供应链(LSSC)。通过分析两方合作、多方合作等不同决策模式下的博弈情形,得出在两方合作决策模式下,对于LSSC来讲,集中决策属于占优战略,而当物流服务水平敏感系数与零售价格敏感系数满足一定条件时,PSC会选择集中决策;系统集中决策模式、三方合作决策模式、两方合作决策模式下的系统总利润、物流服务水平 and 产品销量依次递减;采用Nash谈判模型及最小核心法设计了不同合作模式下的供应链利益分配机制,实现供应链协调;最后,通过数值分析验证了相关命题的研究结论和利益分配机制的有效性,并在此基础上提出了未来可深入研究的领域与方向。

关键词: 产品供应链;物流服务供应链;纳什谈判模型;决策模式;利益分配

中图分类号: F252 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2154(2019)06-0015-15

DOI: 10.14134/j.cnki.cn33-1336/f.2019.06.002

Optimal Decision and Interest Distribution of the Supply Chain Involving Two-echelon Logistics Service Providers: Based on Multiple Decision-making Modes

ZHANG Jian-jun^{1,2}, ZHAO Qi-lan¹

(1. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Economics and Management, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010010, China)

Abstract: With the two-echelon logistics service providers participating in the supply chain system, there is the product supply chain (PSC) composed of manufacturers and retailers and the other logistics service supply chain (LSSC) made of logistics service integrators and functional logistics service providers. This paper analyses the game of different decision-making modes, including two-party cooperative mode and multilateral-party cooperative mode, the research results show that in two-party cooperative decision-making mode, centralized decision-making is the dominant strategy for LSSC, and when the sensitive coefficient of logistics service level and retail price satisfies some conditions, the PSC would choose centralized decision-making mode. The total system profit, logistics service level and product sales are sorted in a descending order from the centralized decision-making mode to three-party cooperative decision-making mode, and to two-party cooperative decision-making mode. Nash negotiation model and the Minimum core method are used to design the interest distribution mechanism under different decision-making modes of supply chain, which realize

收稿日期: 2018-12-13

基金项目: 内蒙古农业大学社会科学基金项目“内蒙古绿色畜产品物流能力综合评价与实证研究”(2017ZD4);内蒙古社会科学基金项目“蒙东地区畜产品供应链一体化调查研究”(19B04)

作者简介: 张建军,男,副教授,博士研究生,主要从事物流与供应链管理、物流服务供应链研究;赵启兰,女,教授,博士生导师,主要从事物流服务能力研究。

the coordination of supply chain. Finally, the research conclusion of the proposition and the effectiveness of benefit distribution mechanism are proved by the numerical analysis, and finally the future research fields and directions are proposed.

Key words: product supply chain; logistics service supply chain; Nash negotiation model; decision-making mode; interest distribution

一、引言

目前,随着物流服务外包的深入发展,供应链物流服务外包已成为一种新趋势。基于“互联网+”环境下供应链物流需求的多样性、复杂性和动态性,单个物流企业难以凭借自身有限的物流资源来满足供应链物流需求^[1],物流企业必然迈入整合之路^[2],即通过整合社会化的物流资源来更好地满足供应链的物流需求,由此形成了两级甚至多级物流服务商参与的供应链系统。如在天猫等电商平台上,平台上的卖家(零售商)向上游制造商采购产品,之后面向线上的客户进行销售,形成了由制造商、零售商及客户构成的产品供应链;线上零售商向制造商采购产品之后将其运到菜鸟网络的仓库当中,当接到客户需求时,其物流服务是由零售商委托菜鸟网络的一体化物流服务体系来提供的,而菜鸟网络的一体化物流服务体系是由菜鸟网络(物流服务集成商)及其集成的多个功能型物流服务提供商构成的,包括干线运输类企业、仓储类企业、快递类企业等。其中,干线服务主要是由卡行天下提供,仓储服务由心怡科技、科捷物流等多家企业提供,而终端配送则由万象物流、如风达、四通一达等快递企业提供,其本质上是一条由两级物流服务商构成的物流服务供应链,通过此物流服务供应链来满足产品供应链下游的物流需求。菜鸟网络将加入其平台的物流、仓储等企业的分散资源整合起来,以统一接口面向客户,使得服务的标准化程度提高,由此形成了以物流服务为载体的产品供应链与物流服务供应链之间的链接。

同样的情形也存在于线下产品供应链与物流服务供应链之间,利丰集团作为香港最大的出口贸易公司,其分公司利和经销集团有限公司(简称利和经销)以物流业务为桥梁联系营销与制造两项核心业务,进而完成对客户产品供应链物流服务的提供,形成端对端的价值链^[3]。利和经销将其概念化为价值链物流服务模式,其通过打造综合型的物流信息平台 and 庞大的物流网络来整合物流服务提供商的资源、能力与技术,形成了一个具备提供物流咨询、评估、服务、技术与运作的一体化物流服务供应链,从而为客户提供定制化的供应链物流综合解决方案,实现产品供应链与物流服务供应链之间的链接。

再比如,深圳市越海全球物流有限公司通过构建物流平台、信息平台以及销售平台等为国内外知名企业提供综合物流服务。越海作为客户产品供应链的物流服务总集成商与飞利浦形成基于物流服务的供需合作关系,承揽了飞利浦产品分销过程中的全部物流活动,通过与航空公司、国际船运公司等物流服务企业合作建立合作关系,确保航班、船期与舱位等物流能力^[4],从而为客户产品供应链提供整合性物流服务,形成产品供应链与物流服务供应链之间的链接与合作。

由此可见,产品供应链与物流服务供应链之间存在基于物流业务的必要合作关系,但同时也存在围绕利益分配、市场主导地位竞争等方面的博弈关系。目前,由产品供应链与物流服务供应链构成的系统当中,节点企业大多以自身利益最大化作为决策目标,如产品供应链中的制造商与零售商之间存在围绕批发价格的博弈,各自为争取最大化利益而牺牲对方的盈利;同样,物流服务供应链中的物流服务集成商与物流服务提供商之间也存在围绕外包物流服务价格的博弈;产品供应链中的零售商与物流服务供应链中的物流服务集成商之间存在围绕物流服务价格、物流服务水平的博弈等。而在整个系统当中,由于某些企业的主导和垄断地位,影响了该链中其他企业以及另一条链中相关企业的利益,导致产品供应链与物流服务供应链利益分配的不合理,影响两者的长期合作和可持续发展,最终可能导致两者合作关系的破裂。因此,产品供应链与物流服务供应链的利益协调是影响两者协调发展的核心内容^[1],是实现两者长期合作和可持续发展的基础。深入研究两者的利益协调与分配问题有利于扭转两者相互侵蚀的敌对状态,提高两者协调发展的总利益,实现总利益在两者之间的合理分配,提高两者参与利益协调的积极性,最终实现整个供应链系统的互动协调和可持续发展。

二、文献综述

与本研究主题相关的文献主要包括物流服务商参与的产品供应链最优决策、物流服务商参与的产品供应链协调、两条产品供应链之间的竞合与协调以及产品供应链与服务供应链协调的研究等方面。目前,围绕物流服务商参与的供应链最优决策方面, Li 等(2016)研究了由一个制造商、一个零售商构成的供应链,物流服务可由制造商、零售商、制造商外包第三方、零售商外包第三方等四种情形来提供,文章分析了不同情形下各主体的最优决策、最优利润以及服务的最优提供渠道等^[5];紧接着, Giri 等(2016)在此基础上构建了由制造商、零售商以及第三方物流企业构成的闭环供应链,其中正向供应链与逆向供应链均为双渠道,研究了不同决策模式下的价格和产品回收决策,并给出了决策模式的选择建议^[6];也有学者立足产品本身的特殊性来研究供应链各主体的最优决策,如 Yu 和 Xiao(2017)针对农产品易损耗的特点,构建了由供应商、零售商以及物流服务提供商组成的农产品供应链,研究了由供应商主导、物流服务提供商主导两种决策模式下各决策主体的最优定价、最优物流服务水平 and 最优利润决策等,研究表明:相比供应商主导决策情形而言,物流服务提供商主导决策下各决策主体的利润均较高^[7]。

围绕物流服务商参与的供应链利益协调与分配方面,范小三等(2014)构建了由制造商、销售商以及第三方物流企业构成的闭环产品供应链,研究了在市场需求量和第三方物流企业回收废品量均不确定的环境下,基于集中与分散决策两种模式下各决策主体的最优决策,并在此基础上设计了收益费用共享契约,实现了利益的合理分配和帕累托改进^[8];虞跃(2015)进一步研究了 TPL 参与下的双渠道供应链协调问题,并设计了收益共享与成本分摊组合契约来实现供应链协调^[9];而 Nikunja 等(2016)基于不同决策模式视角,研究了物流配送服务商参与的三级供应链协调问题,重点围绕两个零售商的古诺决策、共谋决策以及主从决策情形,研究各主体的最优价格及利润决策并进行对比,在此基础上设计价格折扣和特许经营费混合契约来实现三种决策模式下的协调^[10];在以上研究的基础上, Giri 和 Sarker(2017)将两个零售商扩展为多个零售商,构建了由制造商、第三方物流服务企业以及多个零售商构成的供应链,研究了需求不确定及生产中断条件下的多周期供应链利益协调^[11];邹勇(2018)将第三方物流企业提供的物流服务具体化,研究了第三方物流企业对供应商的库存采取 VMI 管理情形下各决策主体的利益分配问题,文章采用最大熵值法对实施 VMI 后的供应链成员收益进行分配^[12];王夫冬和周梅华(2018)研究了 TPL 参与的三级供应链协调问题,并采用 MCRS 法、NASH 谈判模型以及最小核心法等来进行收益分配^[13];在以上学者基于单个第三方物流企业研究的基础上,干华栋(2012)将其扩展为两个物流企业,研究了两个竞争性的物流企业参与的医药供应链利益协调问题,并设计了不同决策模式下的利益协调机制实现供应链协调^[14]。以上研究均是围绕一个物流服务提供商、两个竞争性的物流服务提供商参与的供应链最优决策与协调,没有涉及具有物流服务供需关系的两级物流服务商参与的供应链最优决策等问题。

在以上研究成果的启发下,部分学者围绕两条竞争性的产品供应链研究最优决策及利益协调等问题,即由一条供应链的研究转向两条供应链关系及其协调问题的研究。如 Tamer 和 Guillermo(2004)构建了由批发商与零售商构成的两条竞争性供应链,两链面对的产品市场价格一致,主要围绕客户服务水平进行竞争,研究结果表明集中决策是两者的占优战略^[15];在此基础上, Xiao 和 Yang(2008)基于两条产品供应链的产品零售价格与服务水平均存在竞争情形下,研究了各决策主体的最优决策,但没有进一步研究两条供应链之间的协调问题^[16];紧接着,徐兵和杨金梅(2014)进一步研究了两条具有竞争关系的闭环供应链的利益协调机制,研究结果表明集中决策是闭环供应链竞争情形下的占优战略,并在此基础上分析了协调分散决策供应链达到集中决策供应链效果的协调契约^[17]。

也有学者立足产品供应链与服务供应链之间的竞合关系研究各参与主体的最优决策,如 Shabnam 等(2016)构建了由正向供应链与售后服务供应链构成的供应链系统,其中正向供应链提供产品,售后服务供应链提供服务,文章研究了两条供应链交互影响时,供应链主体的最优价格和服务水平决策^[18];部分学者基于定性视角初步探索了服务供应链中的物流服务供应链与产品供应链之间的协调发展关系,如罗建

峰(2015)研究认为产品供应链与物流服务供应链具有密切关系,物流服务供应链应通过资源匹配等方式来适应产品供应链动态发展演变的特点^[19];紧接着,江志娟和董千里(2015)基于集成场视角研究了物流业与制造业联动发展的竞合关系,认为两业的联动研究应逐步转向产品链与物流链之间关系的研究^[20];高开仙等(2016)研究认为产品供应链和由物流服务供应链构建的物流网络之间的多边联动可有效提高产品供应链的经济效益^[21];在以上学者研究成果的基础上,张建军和赵启兰(2017)提出了产品供应链与物流服务供应链联动发展的演化过程、逻辑与机理^[1],并在此基础上构建了两链协调发展的研究框架^[22]。

通过系统梳理相关文献可得,国内外学者研究了单个物流服务商参与的闭环供应链、双渠道供应链、闭环双渠道供应链以及特定行业如农产品、医药等的供应链决策与协调,同时也研究了两个竞争性物流服务商参与的供应链协调问题以及两条产品供应链存在竞争情形下的利益协调分配机制;也有学者采用定性研究方法初步探索了产品供应链与物流服务供应链之间的协调发展关系,但采用定量研究方法对具有上下游供需关系的两级物流服务商参与的供应链最优决策与利益分配问题的研究较罕见;同时,在供应链竞争的研究方面,国内外学者着重分析了两条产品供应链之间的竞合情形,缺乏对产品供应链与物流服务供应链之间竞合关系的量化研究。Shabnam 等(2016)^[18]围绕正向产品供应链与售后服务供应链关系的研究思路及方法为本文的深入研究奠定了基础,但文中正向供应链与售后服务供应链的大部分决策主体相同,同一主体在正向和售后服务供应链中承担了不同的职能,这与本文的研究又存在一定的差异。与以上学者的研究对象不同,本文以利益分配为切入点,立足产品供应链与物流服务供应链之间存在的竞合关系,以两级物流服务商参与的供应链系统为研究对象,基于不同合作模式视角深入研究各决策主体的最优决策及利益分配问题,以期实现系统利益的最大化及长期协调和可持续发展。同时本文的研究成果将进一步完善物流服务商参与的供应链决策与协调理论体系,为相关学者的持续深入研究提供借鉴。

三、模型的构建及假设

(一) 模型的构建

两级物流服务商参与的供应链协调模型如图1所示,在该供应链系统中,存在由制造商与零售商构成的产品供应链(PSC),同时存在另一条由物流服务集成商(LSI)和功能型物流服务提供商(FLSP)构成的物流服务供应链(LSSC)。在产品供应链中,制造商生产某种产品并以一定的批发价格售卖给零售商,零售商将该产品以一定的零售价销售给下游的客户。鉴于末端物流服务需求具有个性化强、复杂程度高以及影响消费体验的特征,单个物流服务提供商很难满足,需要通过物流服务集成商的集成能力来整合一个或多个功能型物流服务提供商,通过彼此的分工协作来共同满足客户的物流服务需求,由此就形成了由两级物流服务商(物流服务集成商和功能型物流服务提供商)构成的物流服务供应链。本文将重点研究多种合作决策模式视角下两级物流服务商参与供应链系统的最优决策及利益分配问题。

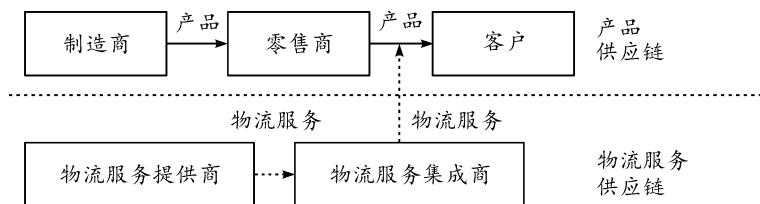


图1 两级物流服务商参与的供应链协调模型图

围绕上图,本文构建了不同决策模式下的博弈模型,相关符号及其含义的说明如表1所示。

表1 模型参数表

符号	含义	符号	含义
c_m	制造商的边际生产成本	w	制造商的单位批发价格
c_s	FLSP的边际物流成本	p_i	LSI的服务价格
s	LSI提供的物流服务水平	p_s	FLSP的服务价格
q	零售商的产品订购量	p_r	零售商的零售价格
Π_m	制造商的利润函数	Π_r	零售商的利润函数
Π_i	LSI的利润函数	Π_s	FLSP的利润函数
Π_p	PSC的利润函数	Π_L	LSSC的利润函数
Π_{r+i+s}	零售商、LSI、FLSP的总利润函数	Π	系统的总利润函数

(二) 模型的基本假设

假设制造商、零售商、LSI以及FLSP均为风险中性且完全理性,各决策主体之间信息对称。信息对称与共享是未来的发展趋势,尤其在新零售环境下,很多企业通过构建信息平台来实现信息的实时传递与共享,在一定程度上实现信息在供应链系统各主体之间的相对均衡,因此本文假设各决策主体之间信息对称。

零售商向制造商的产品订购量 q 可以完全满足客户需求, $q = d - kp_r + \theta s$, 其中 d 为市场规模, k 为零售价格敏感系数, θ 为物流服务水平敏感系数。LSI的物流服务水平由零售商承担, LSI提供的集成物流服务成本 $c(s) = \alpha s^2/2$, 其中 α 为物流服务水平成本系数, 且 $\alpha > 0$, s 代表物流服务水平。大多文献采用二次函数的形式来表示与物流服务水平相关的物流成本, 如 Andy 和 Narendra(2000)^[23]、Xie 等(2014)^[24]。

本文认为由于 LSI 具备物流服务资源的整合与集成能力, 而集成能力的大小恰恰体现了其物流服务水平的高低, LSI 通过前期的物流资源整合, 如构建物流信息平台、投资收购相关企业等方式来拓展自身的物流服务供应商网络, 同时, 通过资源的优化配置、协同管理及个性化方案的设计来为客户提供高水平的物流服务, 因此其物流成本与其可提供的物流服务水平密切相关。当零售商将物流服务外包给 LSI 时, 物流服务水平是由 LSI 来决策的, 此时 LSI 需考虑与物流服务水平相关的成本, 即需采用二次函数的成本形式 $\alpha s^2/2$; 而由于具体的物流经营运作业务是由 FLSP 来完成的, 因此, LSI 不需考虑与物流作业量(即产品需求量)相关的边际成本。

与此同时, FLSP 会根据 LSI 的物流服务要求来提供具体的物流服务、承担具体的物流作业环节, 其物流成本与作业量密切相关, 因此其物流成本需采用与物流作业量相关的边际成本形式 c_s 。相比 LSI 的前期成本投入来讲, 物流服务提供商的前期成本投入较小, 因此在实际物流运营中仅考虑了受业务规模影响的可变成本部分。

基于以上假设, 在两级物流服务商参与的供应链系统当中, 各决策主体的利润函数、PSC 的利润函数、LSSC 的利润函数以及系统的总利润函数等如下:

$$\Pi_m = (w - c_m)(d - kp_r + \theta s) \quad \Pi_r = (p_r - w - p_i)(d - kp_r + \theta s)$$

$$\Pi_i = (p_i - p_s)(d - kp_r + \theta s) - \frac{1}{2}\alpha s^2 \quad \Pi_s = (p_s - c_s)(d - kp_r + \theta s)$$

$$\Pi_p = \Pi_m + \Pi_r = (p_r - c_m - p_i)(d - kp_r + \theta s) \quad \Pi_L = \Pi_i + \Pi_s = (p_i - c_s)(d - kp_r + \theta s) - \frac{1}{2}\alpha s^2$$

$$\Pi_{r+i+s} = \Pi_r + \Pi_i + \Pi_s = (p_r - w - c_s)(d - kp_r + \theta s) - \frac{1}{2}\alpha s^2$$

$$\Pi = \Pi_m + \Pi_r + \Pi_i + \Pi_s = (p_r - c_m - c_s)(d - kp_r + \theta s) - \frac{1}{2}\alpha s^2$$

四、不同决策模式的决策情况

(一) 两方合作决策模式

在产品供应链与物流服务供应链形成的系统当中, 可将产品供应链与物流服务供应链分别当作一个

整体,研究两者之间的博弈问题^[1]。即产品供应链存在集中决策与分散决策两种决策模式;物流服务供应链也存在集中决策与分散决策两种决策模式,研究产品供应链与物流服务供应链在不同决策模式下的博弈。双方合作的决策模式共分为以下三种情形:

1. PSC 集中 /LSSC 集中决策模式。即由产品供应链集中决策、物流服务供应链集中决策,双方进行博弈的模式。此时主从博弈的决策顺序为:LSSC 决定物流服务集成商的服务价格 p_i 以及物流服务水平 s ,紧接着 PSC 决定产品的零售价格 p_r 。PSC 集中 /LSSC 集中决策用上标 cc 来表示,根据逆向归纳法,此种决策模式下相关变量的取值、PSC 总利润、LSSC 总利润以及系统的总利润如表 2 所示,其中 $4k\alpha - \theta^2 > 0, d - k(c_m + c_s) \geq 0$,下同。

2. PSC 集中 /LSSC 分散决策模式。即由产品供应链集中决策、物流服务供应链分散决策,双方进行博弈的模式。此时主从博弈的决策顺序为:FLSP 决定物流服务价格 p_s ;LSI 决定物流服务价格 p_i 以及物流服务水平 s ;紧接着 PSC 决定产品的零售价格 p_r 。PSC 集中 /LSSC 分散决策用上标 cd 来表示,根据逆向归纳法,此种决策模式下相关变量的取值、PSC 总利润、LSI 的利润、FLSP 的利润以及系统的总利润如表 2 所示。

3. PSC 分散 /LSSC 集中决策模式。即由产品供应链分散决策、物流服务供应链集中决策,双方进行博弈的模式。此时主从博弈的决策顺序为:制造商决定产品的批发价格 w ;LSSC 决定物流服务价格 p_i 以及物流服务水平 s ;紧接着零售商决定产品的零售价格 p_r 。PSC 分散 /LSSC 集中决策用上标 dc 来表示,根据逆向归纳法,此种决策模式下相关变量的取值、制造商的利润、零售商的利润、LSSC 总利润以及系统的总利润如表 2 所示。

表 2 两方合作决策模式的计算结果

变量	PSC 集中 /LSSC 集中	PSC 集中 /LSSC 分散	PSC 分散 /LSSC 集中
s	$\frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{4k\alpha - \theta^2}$	$\frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{2(4k\alpha - \theta^2)}$	$\frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{2(4k\alpha - \theta^2)}$
p_r	$\frac{3\alpha d + (k\alpha - \theta^2)(c_m + c_s)}{4k\alpha - \theta^2}$	$\frac{(7k\alpha - \theta^2)d + (c_m + c_s)k(k\alpha - \theta^2)}{2k(4k\alpha - \theta^2)}$	$\frac{(7k\alpha - \theta^2)d + (c_m + c_s)k(k\alpha - \theta^2)}{2k(4k\alpha - \theta^2)}$
p_i	$\frac{2k\alpha c_s - 2k\alpha c_m - \theta^2 c_s + 2\alpha d}{4k\alpha - \theta^2}$	$\frac{k^2\alpha(2c_s - 6c_m) + k\theta^2(c_m - c_s) - \theta^2 d + 6k\alpha d}{2k(4k\alpha - \theta^2)}$	$\frac{\alpha(d - kc_m) + c_s(3k\alpha - \theta^2)}{4k\alpha - \theta^2}$
q	$\frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{4k\alpha - \theta^2}$	$\frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{2(4k\alpha - \theta^2)}$	$\frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{2(4k\alpha - \theta^2)}$
Π_L	$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{2(4k\alpha - \theta^2)}$	$\frac{3\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(4k\alpha - \theta^2)}$	$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(4k\alpha - \theta^2)}$
Π_P	$\frac{k\alpha^2(d - kc_m - kc_s)^2}{(4k\alpha - \theta^2)^2}$	$\frac{k\alpha^2(d - kc_m - kc_s)^2}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$	$\frac{(5k\alpha^2 - \theta^2\alpha)(d - kc_m - kc_s)^2}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$
Π	$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2(6k\alpha - \theta^2)}{2(4k\alpha - \theta^2)^2}$	$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2(7k\alpha - \frac{3}{2}\theta^2)}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$	$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2(7k\alpha - \frac{3}{2}\theta^2)}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$
Π_i		$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(4k\alpha - \theta^2)}$	
Π_s		$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{4(4k\alpha - \theta^2)}$	
Π_m			$\frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{(16k\alpha - 4\theta^2)}$
Π_r			$\frac{k\alpha^2(d - kc_m - kc_s)^2}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$
p_s		$\frac{d - kc_m + kc_s}{2k}$	
w			$\frac{d + kc_m - kc_s}{2k}$

(二) 多方合作决策模式

1. 三方合作决策模式。在两级物流服务商参与的供应链系统运作当中,存在零售商与物流服务集成商以及物流服务提供商合作的情形,此时三方合作与制造商形成博弈关系,如深圳市怡亚通供应链股份有限公司通过构建 380 体系,整合经销商及零售商资源,形成一个庞大的分销体系,以此与上游的品牌商和制造商进行博弈,从而改变传统的多级分销体系,提高整个供应链系统的物流效率。此时主从博弈的决策顺序为:制造商首先决策产品的批发价格 w ,之后合作的三方决策产品的零售价格 p_r 以及物流服务水平 s 。三方合作的决策模式用上标 t 来表示,根据逆向归纳法,求得相关变量的取值、制造商的利润、三方合作的总利润 Π_{r+i+s}^t 以及系统的总利润结果如下,其中 $2k\alpha - \theta^2 > 0, d - k(c_m + c_s) \geq 0$ 。

$$s^t = \frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{2(2k\alpha - \theta^2)} \quad p_r^t = \frac{(3k\alpha - \theta^2)d + (k\alpha - \theta^2)k(c_s + c_m)}{2k(2k\alpha - \theta^2)} \quad q^t = \frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{2(2k\alpha - \theta^2)}$$

$$\Pi_m^t = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{4(2k\alpha - \theta^2)} \quad w^t = \frac{d + kc_m - kc_s}{2k}$$

$$\Pi_{r+i+s}^t = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(2k\alpha - \theta^2)} \quad \Pi^t = \frac{3\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(2k\alpha - \theta^2)}$$

2. 系统集中决策模式。系统集中决策是将由两级物流服务商参与的供应链系统当作一个整体来进行决策,在系统集中决策模式下,系统当中各个决策主体间信息完全公开,以追求系统整体利润最大化为目标。系统集中决策用上标 c 来表示,系统集中决策模式下相关变量的取值以及系统总利润如下,其中 $2k\alpha - \theta^2 > 0, d - k(c_m + c_s) \geq 0$ 。

$$s^c = \frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{2k\alpha - \theta^2} \quad p_r^c = \frac{(c_s + c_m)(k\alpha - \theta^2) + \alpha d}{2k\alpha - \theta^2}$$

$$q^c = \frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{2k\alpha - \theta^2} \quad \Pi^c = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{2(2k\alpha - \theta^2)}$$

五、不同决策模式的比较

本部分围绕以上两方合作决策模式以及多方合作决策模式的计算结果,对不同决策模式下的决策情况进行分析与对比,得出相关命题如下:

命题 1. 在两方合作决策模式下,集中决策属于 LSSC 的占优战略,即不论 PSC 采取集中决策或分散决策, LSSC 选择集中决策均是最优战略。

证明:在 PSC 集中 /LSSC 集中决策模式下 LSSC 的总利润为: $\Pi_L^{cc} = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{2(4k\alpha - \theta^2)}$; PSC 集中 /LSSC 分散决策模式下 LSSC 的总利润为: $\Pi_L^{cd} = \frac{3\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(4k\alpha - \theta^2)}$; 由于 $4k\alpha - \theta^2 > 0$, 所以 $\Pi_L^{cc} > \Pi_L^{cd}$ 。同时,在 PSC 分散 /LSSC 集中决策模式下 LSSC 的总利润为: $\Pi_L^{dc} = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(4k\alpha - \theta^2)}$; PSC 分散 /LSSC 分散决策模式下 LSSC 的总利润与系统分散决策模式下 LSSC 的总利润相等,均为 $\Pi_L^d = \frac{3\alpha(d - kc_m - kc_s)^2}{8(16k\alpha - 4\theta^2)}$, 所以 $\Pi_L^{dc} > \Pi_L^d$ 。因此,对于 LSSC 来讲, LSSC 集中决策属于占优战略,证毕。

相对于产品供应链来讲,由物流服务集成商和物流服务提供商构成的物流服务供应链来介入产品供应链的运营,其本身属于从属地位,因此其必须通过集中决策才能增强整个系统的服务能力和话语权,从而确保物流服务供应链的利润,即需通过整合相关物流服务资源来提高物流服务的整体竞争优势。

命题 2. 在两方合作决策模式下,当满足 $4k\alpha > \theta^2 \geq k\alpha$ 时,集中决策属于 PSC 的占优战略,否则 PSC 会

选择分散决策。

证明:根据命题1的结论可得,在两方合作决策模式下,LSSC选择集中决策,若此时PSC选择集中决策,则其总利润为: $\prod_p^{cc} = \frac{k\alpha^2(d - kc_m - kc_s)^2}{(4k\alpha - \theta^2)^2}$; 若PSC选择分散决策,则其总利润为: $\prod_p^{dc} = \frac{(5k\alpha^2 - \theta^2\alpha)(d - kc_m - kc_s)^2}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$, 当满足 $4k\alpha > \theta^2 \geq k\alpha$ 时, $\prod_p^{cc}/\prod_p^{dc} \geq 1$, 即 $\prod_p^{cc} \geq \prod_p^{dc}$, 因此集中决策属于PSC的占优战略; 当满足 $\theta^2 < k\alpha$ 时, $\prod_p^{cc}/\prod_p^{dc} < 1$, 即 $\prod_p^{cc} < \prod_p^{dc}$, 此时分散决策属于PSC的占优战略。

此研究结论与以往学者关于两条竞争性产品供应链的研究结论存在差异,在两条竞争性的产品供应链中,两条链属于纯粹的竞争关系,因此各自均采取集中决策属于占优战略,如Tamer和Guillermo(2004)^[15]、徐兵和杨金梅(2014)^[17]等;而本文中的两条供应链不仅存在围绕产品批发价格及物流服务价格之间的竞争关系,而且存在围绕产品与服务提供之间的合作关系。当 $4k\alpha > \theta^2 \geq k\alpha$ 时,即随着物流服务水平敏感系数的增大,LSSC中的物流服务水平对产品需求的影响增强,而PSC中的产品零售价格对需求的影响相对减弱,此时PSC必须通过集中决策的方式方能保证整个产品供应链的利润;而当 $\theta^2 < k\alpha$ 时,即LSSC中的物流服务水平对产品需求的影响降低、而PSC中的产品零售价格对需求的影响增强,由于制造商是PSC中的主导企业,此时制造商为追求自身利益的最大化,会采取损害零售商利益的分散决策模式。结合表2的计算结果,经测算,此时制造商的利润约是零售商利润的3倍有余,也即当物流服务水平对产品需求的影响减少时,零售商的利益容易受到上游制造商或品牌商的侵害,因此零售商应增强与末端消费者的持续互动,提高客户消费的体验感,进而提升服务水平对产品需求的影响力,这样方可在一定程度上确保自身的利益。

命题3. 在两方合作决策模式下,PSC集中/LSSC集中决策模式的系统总利润、物流服务水平以及产品销量等均较高。

证明:PSC集中/LSSC集中决策模式下系统的总利润为: $\prod^{cc} = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2(6k\alpha - \theta^2)}{2(4k\alpha - \theta^2)^2}$, PSC分散/LSSC集中决策模式下系统的总利润均为: $\prod^{dc} = \frac{\alpha(d - kc_m - kc_s)^2(7k\alpha - \frac{3}{2}\theta^2)}{4(4k\alpha - \theta^2)^2}$, 由于 $4k\alpha - \theta^2 > 0$, 此时 $\prod^{cc}/\prod^{dc} > 1$, 即 $\prod^{cc} > \prod^{dc}$ 。

PSC集中/LSSC集中决策模式下的物流服务水平为: $s^{cc} = \frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{4k\alpha - \theta^2}$, PSC分散/LSSC集中决策模式下的物流服务水平为: $s^{dc} = \frac{\theta(d - kc_m - kc_s)}{2(4k\alpha - \theta^2)}$ 。由于 $4k\alpha - \theta^2 > 0$, $d - k(c_m + c_s) \geq 0$, 所以 $s^{cc} > s^{dc}$ 。

PSC集中/LSSC集中决策模式下的产品销量为: $q^{cc} = \frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{4k\alpha - \theta^2}$, PSC分散/LSSC集中决策模式下的产品销量为 $q^{dc} = \frac{k\alpha(d - kc_m - kc_s)}{2(4k\alpha - \theta^2)}$, 由于 $4k\alpha - \theta^2 > 0$, $d - k(c_m + c_s) \geq 0$, 所以 $q^{cc} > q^{dc}$ 。

也即,在两方合作决策模式下,站在系统总利润最大化的角度来决策,PSC和LSSC应分别采取集中决策模式。结合命题2的研究结论可得,若PSC和LSSC从自身利益最大化的角度来决策,则PSC可能会采取分散决策模式。

命题4. 系统集中决策模式、三方合作决策模式、两方合作决策模式下的系统总利润、物流服务水平和产品销量依次递减。

证明:由于 $2k\alpha - \theta^2 > 0$, 因此可得: $\Pi^c > \Pi^t > \Pi^{cc} > \Pi^{dc}$ 。同理可证明 $s^c > s^t > s^{cc} > s^{dc}$, $q^c > q^t > q^{cc} > q^{dc}$ 。证毕。也即,系统中各主体的合作程度越高,则系统的总利润和服务水平越优。由于物流活动贯穿

整个供应链,是连接供应链中各个企业的重要载体,LSSC应作为PSC的战略合作伙伴,以一个长远合作伙伴的身份来为PSC提供供应链一体化服务,由此方能更好地将供应链系统中的制造商、零售商进行有效的结合,从而实现更高水平的物流服务,追求更高的产品销量和利润增长。

命题5.三方合作决策模式下系统的总利润、物流服务水平、产品销售量等均随着 θ 的增大而增大,随着 k 的增大而减小。

证明:由于 $2k\alpha - \theta^2 > 0, d - k(c_m + c_s) \geq 0$,所以: $\frac{\partial \Pi^t}{\partial \theta} = \frac{3\alpha\theta(d - kc_m - kc_s)^2}{4(2k\alpha - \theta^2)^2} > 0$

$\frac{\partial \Pi^t}{\partial k} = \frac{-3\alpha(d - kc_m - kc_s)(c_m + c_s)(2k\alpha - \theta^2) - 3\alpha^2(d - kc_m - kc_s)^2}{4(2k\alpha - \theta^2)^2} < 0$

$\frac{\partial s^t}{\partial \theta} = \frac{(d - kc_m - kc_s)(2k\alpha + \theta^2)}{2(2k\alpha - \theta^2)^2} > 0$ $\frac{\partial s^t}{\partial k} = \frac{-\theta(c_m + c_s)(2k\alpha - \theta^2) - 2\alpha\theta(d - kc_m - kc_s)}{2(2k\alpha - \theta^2)^2} < 0$;

$\frac{\partial q^t}{\partial \theta} = \frac{k\alpha\theta(d - kc_m - kc_s)}{(2k\alpha - \theta^2)^2} > 0$ $\frac{\partial q^t}{\partial k} = \frac{-\alpha\theta^2(d - kc_m - kc_s) - \alpha k(c_m + c_s)(2k\alpha - \theta^2)}{2(2k\alpha - \theta^2)^2} < 0$

证毕。同理可得,不同合作决策模式下也存在相似的研究结论。

六、不同决策模式下的利益分配机制设计

(一) 两方合作决策模式下的利益分配机制设计

1. PSC集中/LSSC集中决策模式。根据命题1和2的结论可知,在两方合作决策模式下,当满足 $4k\alpha > \theta^2 \geq k\alpha$ 时,PSC集中/LSSC集中决策模式属于Nash均衡点,而由于PSC集中/LSSC集中决策模式的系统总利润小于系统集中决策的总利润,本文拟基于Nash谈判模型来实现PSC集中/LSSC集中决策模式下的供应链协调,即在PSC集中/LSSC集中决策模式下,LSSC以较低的物流服务价格 p_i^{cch} 为PSC提供物流服务,同时提高物流服务水平,实现系统集中决策下的总利润。当产品销售完成之后,由PSC和LSSC共享整个供应链的总利润,其中PSC获得总利润份额为 λ ,而LSSC获得总利润份额为 $1 - \lambda$ 。PSC集中/LSSC集中决策模式下的利益分配契约用上标 cch 来表示,根据Nash谈判模型可建立如下利益分配机制:

$$MaxZ = (\lambda \Pi^c - \Pi_p^{cc}) [(1 - \lambda) \Pi^c - \Pi_L^{cc}]$$

$$\begin{cases} \Pi_p^{cch} = \lambda \Pi^c \geq \Pi_p^{cc} \\ \Pi_L^{cch} = (1 - \lambda) \Pi^c \geq \Pi_L^{cc} \end{cases}$$

化解上述约束条件可得: $\frac{2k\alpha(2k\alpha - \theta^2)}{(4k\alpha - \theta^2)^2} \leq \lambda \leq \frac{2k\alpha}{4k\alpha - \theta^2}$;

此时得到: $p_i^{cch} = \frac{2k^2\alpha(c_s - c_m) - 2k(\theta^2 c_s - \alpha d) - (2k\alpha - \theta^2)\lambda(d - kc_m - kc_s)}{2k(2k\alpha - \theta^2)}$ 。

2. PSC分散/LSSC集中决策模式。(1) 基于Nash谈判模型的利益分配机制。根据命题1,2的结论可知,在两方合作决策模式下,当满足 $k\alpha > \theta^2$ 时,PSC分散/LSSC集中决策模式属于Nash均衡点。基于Nash谈判模型来实现PSC分散/LSSC集中决策模式下的供应链协调,需LSSC以较低的物流服务价格 p_i^{dch} 为零售商提供物流服务,制造商以较低的批发价格 w^{dch} 提供产品,这样可实现系统集中决策下的总利润。当产品销售完成之后,由制造商、零售商和LSSC三者共享整个供应链的总利润,其中制造商获得总利润份额为 η_m ,零售商获得总利润份额为 η_r ,而LSSC获得总利润份额为 $1 - \eta_m - \eta_r$ 。PSC分散/LSSC集中决策模式下的利益分配契约用上标 dch 来表示,根据Nash谈判模型可建立如下利益分配机制:

$$MaxZ = (\eta_m \Pi^c - \Pi_m^{dc})(\eta_r \Pi^c - \Pi_r^{dc}) [(1 - \eta_m - \eta_r) \Pi^c - \Pi_L^{dc}]$$

$$\begin{cases} \Pi_m^{dch} = \eta_m \Pi^c \geq \Pi_m^{dc} & \Pi_r^{dch} = \eta_r \Pi^c \geq \Pi_r^{dc} \\ \Pi_L^{dch} = (1 - \eta_m - \eta_r) \Pi^c \geq \Pi_L^{dc} & (\eta_m + \eta_r) \Pi^c \geq \Pi_p^{cc} & (1 - \eta_m) \Pi^c \geq \Pi_{r+i+s} \end{cases}$$

化解上述约束条件可得: η_m 和 η_r 满足如下条件:

$$\begin{cases} \frac{2k\alpha - \theta^2}{8k\alpha - 2\theta^2} \leq \eta_m \leq 3/4 & \frac{k\alpha(2k\alpha - \theta^2)}{2(4k\alpha - \theta^2)^2} \leq \eta_r \leq 1 \\ \frac{2k\alpha(2k\alpha - \theta^2)}{(4k\alpha - \theta^2)^2} \leq \eta_m + \eta_r \leq \frac{14k\alpha - 3\theta^2}{16k\alpha - 4\theta^2} \end{cases}$$

此时得到: $w^{dch} = \frac{\eta_m(d - kc_m - kc_s) + 2kc_m}{2k}$

$$p_i^{dch} = \frac{k(c_m + c_s)[2k\alpha - 2\theta^2 + (\eta_m + \eta_r)(2k\alpha - \theta^2)] + 2k\alpha d - (2k\alpha - \theta^2)[(\eta_m + \eta_r)d + 2kc_m]}{2k(2k\alpha - \theta^2)}$$

(2) 基于最小核心法的利益分配机制。根据最小核心法思想,可建立如下利益分配模型:

$$\text{Min} \varepsilon \begin{cases} \Pi_m^{dch} = \eta_m \Pi^c \geq \Pi_m^{dc} & \Pi_r^{dch} = \eta_r \Pi^c \geq \Pi_r^{dc} \\ \Pi_L^{dch} = (1 - \eta_m - \eta_r) \Pi^c \geq \Pi_L^{dc} & (\eta_m + \eta_r) \Pi^c + \varepsilon \geq \Pi_p^{cc} \\ (1 - \eta_m) \Pi^c + \varepsilon \geq \Pi_{r+i+s}^i \end{cases}$$

(二) 三方合作决策模式下的利益分配机制设计

由命题 4 可知,由于三方合作决策模式下系统的总利润低于系统集中决策模式下的总利润,本文拟基于 Nash 谈判模型来实现三方合作决策模式下的供应链协调,即在三方合作决策模式下,制造商以较低的批发价格 w^{th} 提供产品,当产品销售完成之后,由制造商和三方共享整个供应链的总利润,其中制造商获得总利润份额为 γ ,而三方获得总利润份额为 $1 - \gamma$ 。三方合作决策模式下的利益分配契约用上标 th 来表示,根据 Nash 谈判模型可建立如下利益分配机制:

$$\begin{aligned} \text{Max} Z &= (\gamma \Pi^c - \Pi_m^i) [(1 - \gamma) \Pi^c - \Pi_{r+i+s}^i] \\ &\begin{cases} \Pi_{r+i+s}^{th} = (1 - \gamma) \Pi^c \geq \Pi_{r+i+s}^i \\ \Pi_m^{th} = \gamma \Pi^c \geq \Pi_m^i \end{cases} \end{aligned}$$

化解上述约束条件可得: $1/2 \leq \gamma \leq 3/4$;此时得到: $w^{th} = \frac{\gamma(d - kc_m - kc_s) + 2kc_m}{2k}$ 。

七、数值分析

为验证上文所得命题及不同决策模式下基于 Nash 谈判模型和最小核心法进行契约设计的有效性,此部分对博弈模型中的相关参数进行赋值模拟。在满足模型基本假设条件的前提下,参数的赋值如表 3 所示。

表 3 各参数赋值表

参数	c_m	c_s	d	k	α	θ
赋值	4	3	100	2.2	4	1.8

(一) 不同决策模式下各主体的最优决策及利润情况

依据表 3 以及不同决策模式下各变量的求解结果,得到不同决策模式下各主体的最优决策及利润值如表 4 所示。

表4 不同决策模式下各主体的最优决策及利润

变量	两方合作决策模式			三方合作 决策模式	系统集中 决策
	PSC 集中 /LSSC 集中	PSC 集中 /LSSC 分散	PSC 分散 /LSSC 集中		
p_r	38.76	42.11	42.11	38.01	30.57
w			23.23	23.23	
p_i	24.18	32.82	13.59		
p_s		22.23			
s	4.76	2.38	2.38	5.3	10.60
q	23.29	11.65	11.65	25.92	51.84
Π_m			223.94	498.41	
Π_r			61.66		
Π_i		111.97			
Π_s		223.94			
Π_p	246.64	61.66	285.6		
Π_L	447.88	335.91	111.97		
Π_{r+i+s}				249.2	
Π	694.53	397.57	397.57	747.61	996.82

从表4可得,在两方合作决策模式下,PSC集中/LSSC集中决策模式的系统总利润、物流服务水平以及产品销量等均最高,这是由于系统中的局部合作可在一定程度上减少系统内耗,从而提高系统整体的物流服务水平及利润。PSC集中/LSSC分散决策模式和PSC分散/LSSC集中决策模式下系统的总利润、物流服务水平、产品销量以及产品零售价格等均相等。

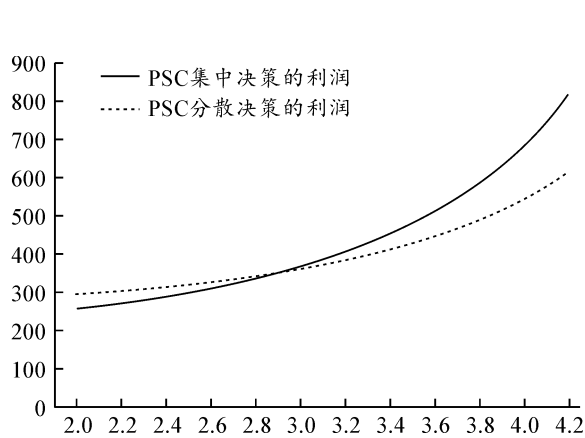
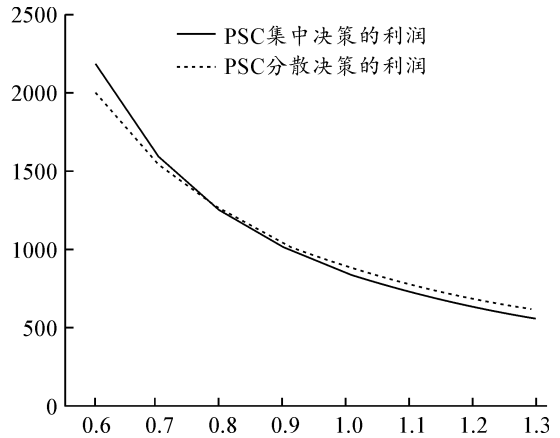
在两方合作决策模式下,当PSC选择集中决策时,LSSC采取集中决策的利润为447.88,大于其选择分散决策的利润335.91;同时当PSC选择分散决策时,LSSC采取集中决策的利润为111.97,大于其选择分散决策时的利润83.98;即LSSC选择集中决策是占优战略,由于LSSC并没有过多地涉足PSC的商流活动,即上下游之间的协同商务,亦没有从事商品交易中的决策,只是发挥了PSC中商品交易的桥梁作用,因此相对来讲,LSSC缺乏在整个供应链系统中的话语权,其应通过强有力的合作,如收购、风投、构建战略合作伙伴关系等方式来强化自身的资源整合能力、市场拓展能力和增值服务提供能力,增强自身在供应链系统中的话语权,从而实现对PSC的影响;同时在物流服务外包方面,尽量避免层层转包的情形,这样可在提高物流作业效率的基础上,更好实现较高的利润。

表4的相关数据还显示:系统集中决策模式、三方合作决策模式、两方合作决策模式下的系统总利润、物流服务水平及产品销量依次递减,即系统内决策主体的合作程度越高,则整个系统的总利润水平、物流服务水平越高;同时随着物流服务水平的提高,其对产品销量的贡献增大,最终促进产品销量的提升。

(二) LSSC集中决策模式下,PSC集中决策与分散决策的利润情况

图2是根据物流服务水平敏感系数 θ 的变化来分析PSC集中与分散决策的利润情况,根据图2的数值分析结果可得,随着物流服务水平敏感系数 θ 的增大,PSC集中与分散决策的利润均在增大,当 $\theta^2 < k\alpha$ 时,PSC分散决策的利润大于集中决策的利润;当 $\theta^2 = k\alpha$ 时,PSC分散决策与集中决策的利润相等;当 $ka < \theta^2 < 4k\alpha$ 时,PSC集中决策的利润大于分散决策的利润,且随着 θ 的增大,PSC集中决策下利润增大的幅度远远大于PSC分散决策下其利润增大的幅度。也即当物流服务水平敏感系数增大时,PSC只有通过集中决策才能获取更多的利润,且集中决策时,其利润增长率远远大于分散决策的利润增长率。

图3是根据产品零售价格敏感系数 k 的变化来分析PSC集中与分散决策的利润情况,根据图3的数值分析结果可得,随着产品零售价格敏感系数 k 的增大,PSC集中与分散决策的利润均在减小。同时,当 $\theta^2 < k\alpha$ 、 $\theta^2 = k\alpha$ 、 $ka < \theta^2 < 4k\alpha$ 时,PSC应采取的决策模式与上文分析结论一致,即当产品零售价格敏感系数较小时,PSC应采取集中决策模式,而当产品零售价格敏感系数较大时,PSC应采取分散决策模式。

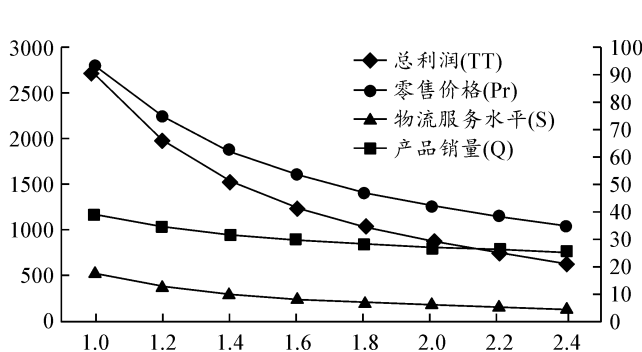
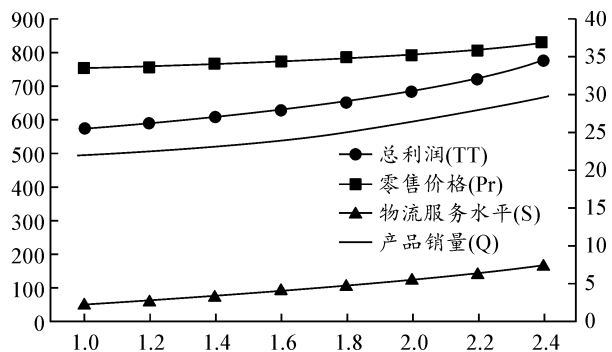
图2 PSC集中与分散决策的利润随 θ 的变化图3 PSC集中与分散决策的利润随 k 的变化

因此,当PSC中的制造商面对的是服务水平敏感型较大的客户时,其应采用联合零售商的集中决策模式来实现利润的最大化,反之若其面对的是价格敏感型较大的客户,则会利用自身在PSC中的主导地位采取分散决策模式来追逐更大的利润。

(三) 三方合作决策模式下的总利润、零售价格、物流服务水平以及产品销量与 k 及 θ 的关系

三方合作决策模式下的总利润、零售价格、物流服务水平以及产品销量等与 k 及 θ 的关系如图4,5所示。从图中可得,总利润、零售价格、物流服务水平以及产品销量均随着零售价格敏感系数 k 的增大而减小,随着物流服务水平敏感系数 θ 的增大而增大。

也即,若整个供应链系统面对的是物流服务水平敏感型较高、而产品价格敏感型较低的客户,此时三方合作模式下的总利润及物流服务水平均有较大改善。

图4 零售价格敏感系数 k 与各变量的关系图图5 物流服务水平敏感系数 θ 与各变量的关系图

(四) 不同决策模式下的利益分配情况

根据上文不同决策模式下基于Nash谈判模型的利益分配结果,同时结合表3各参数的赋值情况,得到基于Nash谈判模型的利益协调分配情况如表5所示。

结合表4及表5的数据可得,在双方合作决策模式下,经利益协调后的制造商批发价格、物流服务集成商及物流服务提供者的物流服务价格均明显降低;同时,各参与主体的利润较利益协调之前均有明显提高,且实现了集中决策模式下的总利润水平,在其他决策模式下也存在同样的研究结论。即在不同决策模式下,经过利益协调之后,整个系统以合作为主、竞争为辅,系统运行效率提高,最终实现了集中决策模式

下的物流服务水平及利润水平。

表5 基于 Nash 谈判模型的利益分配情况

变量	两方合作决策利益协调		三方合作决策利益协调($\gamma=0.63$)
	PSC 集中/LSSC 集中($\lambda=0.40$)	PSC 分散/LSSC 集中($\eta_m=0.43, \eta_r=0.26$)	
p_r	30.57	30.57	30.57
w		12.27	16.02
p_i	18.87	13.30	
p_s			
s	10.60	10.60	10.60
q	51.84	51.84	51.84
Π_m		428.63	623.01
Π_r		259.17	
Π_i			
Π_s			
Π_p	398.73	687.81	
Π_L	598.09	309.01	
Π_{r+i+s}			373.81
Π	996.82	996.82	996.82

(五) 不同利益分配方法下的利益分配情况

本文采用了基于 Nash 谈判模型及最小核心法对 PSC 分散/LSSC 集中决策模式下的利益分配情况进行分析与对比,所得结论如表6所示。

表6 不同分配方法下的利润及其增长率

决策模式	决策主体	Nash 谈判模型	最小核心法
PSC 分散/LSSC 集中	制造商	428.63(91.40%)	223.94(0.00%)
	零售商	259.17(320.32%)	61.66(0.00%)
	LSSC	309.01(175.98%)	711.22(535.18%)

注:表中括号内的数据表示利润增长率

通过表6数据可得,在 PSC 分散/LSSC 集中决策模式下,采用最小核心法进行利益分配时,整个供应链系统所增加的收益均被 LSSC 所占有,而制造商与零售商的收益并未得到改善,因此,采用最小核心法进行利润分配存在一定的局限性。采用 Nash 谈判模型来分配收益时,各决策主体的利润均得到较大幅度的提高,但增幅存在一定的差异。相比最小核心法来说,在本算例中 Nash 谈判模型属于较理想的利益分配方法,此时制造商、零售商和 LSSC 的利益分配系数分别为0.43,0.26和0.31。由此可见,通过 Nash 谈判模型进行利润分配之后,在各决策主体利润均提高的情况下,制造商与零售商的利润差距在缩小,从之前3倍有余的利润差缩小到目前不足两倍的利润差。因此,通过 Nash 谈判模型利益分配机制的设计可在一定程度上实现总利润在不同主体之间的相对合理分配,为产品供应链与物流服务供应链的长期协调和可持续发

展奠定了坚实基础。

八、研究结论及未来研究展望

(一) 主要研究结论

本文探讨了两级物流服务商参与的供应链最优决策及利益分配机制设计问题,研究了多种合作模式下各参与主体的最优决策及供应链系统的整体利润,同时基于 Nash 谈判模型与最小核心法设计了不同合作模式下的利益分配机制,并在 PSC 分散/LSSC 集中决策模式下,对比了两种利益分配方法的可靠性,最后通过数值分析验证了相关研究结论。

研究表明两级物流服务商参与的供应链存在多种合作模式,在两方合作决策模式下,集中决策属于 LSSC 的占优战略,即不论 PSC 采取集中决策或分散决策,LSSC 选择集中决策均是最优战略。这是由于 LSSC 通过提供物流服务与 PSC 形成竞合关系,其对 PSC 商流的介入程度和管控程度较低,亦缺乏对 PSC 产品市场的拓展能力,因此在两者构成的供应链系统中 LSSC 仍属于辅助角色,其必须通过集中决策的方式来整合多种物流服务资源,以此来增强核心竞争优势和市场控制力,确保自身的利益;对于 PSC 来讲,当满足 $4k\alpha > \theta^2 \geq k\alpha$ 时,集中决策属于 PSC 的占优战略,否则 PSC 会选择分散决策,也即当物流服务水平敏感系数较大而产品零售价格敏感系数较低时,物流服务水平对客户需求的影 响增大,而产品零售价格对客户需求的影响减少,此时 PSC 的市场主导地位会逐步削弱,因此其需通过集中决策的方式来提高整个产品供应链的盈利能力;同时,在两方合作决策模式下,站在整个供应链系统的角度来讲,PSC 集中/LSSC 集中决策模式的系统总利润、物流服务水平以及产品销量等均较高。随着合作主体的增多及合作关系的深入,即从两方合作决策模式到三方合作决策模式乃至过渡到系统集中决策模式下,整个供应链系统的总利润、物流服务水平和产品销量依次递增。除此之外,不同合作决策模式下系统的总利润、物流服务水平、产品销售量等均随着零售价格敏感系数 k 的增大而减小,随着物流服务水平敏感系数 θ 的增大而增大。

文章通过设计利益协调分配机制,在实现系统集中决策模式下的利润水平及物流服务水平的基础上,完成了利益在不同决策主体之间的合理分配,使得不同决策模式下各参与主体的利润较利益协调之前均有明显提高,此时,整个系统以合作为主、竞争为辅,系统运行效率显著改善。在此基础上,以 PSC 分散/LSSC 集中决策模式为例,对比分析了 Nash 谈判模型与最小核心法两种利益分配方法,算例的仿真研究结果表明 Nash 谈判模型是较理想的利益分配方法。

(二) 未来研究展望

本文认为由 PSC 和 LSSC 构成的供应链系统当中,各参与人的讨价还价能力相同,并在此基础上采用 Nash 谈判模型设计了利益分配方案;且认为各参与人的风险偏好、公平偏好相同,各参与人不存在资金约束等问题。而在实际当中,各参与人的资金规模、行业地位和影响力等有较大差异,导致参与人之间的讨价还价能力不一致,因此,可在本文研究成果的基础上,分析当参与人讨价还价能力不一致时的利益分配方案;除此之外,由于讨价还价能力相对较弱的一方,往往存在一定的资金约束,因此可进一步研究当某一参与方存在资金约束,而其他参与方可提供融资渠道时的利益分配机制,并研究资金约束与讨价还价能力存在某种相关性时,各参与主体的利益分配机制;在此基础上,也可深入探讨资金约束与讨价还价能力相关性大小对利益分配系数的影响程度,进而得出针对不同参与主体的相关管理启示。同时,也可基于风险偏好、公平偏好等存在差异视角下,深入研究 PSC 和 LSSC 构成的供应链系统的利益协调与分配机制。

参考文献:

- [1] 张建军,赵启兰.基于“互联网+”的产品供应链与物流服务供应链联动发展的演化机理研究——从“去中间化”到“去中心化”[J].商业经济与管理,2017(5):5-15.

- [2] 马翠华. 基于能力合作的物流服务供应链协同机制研究[J]. 中国流通经济, 2009(2): 24-27.
- [3] 利丰研究中心. 供应链管理——香港利丰集团的实践(第二版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2009: 179-208.
- [4] 宋华. 供应链金融(第2版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2016: 210-223.
- [5] LI X, LI Y J, CAI X Q, et al. Service channel choice for supply chain; who is better off by undertaking the service? [J]. *Production and Operations Management*, 2016, 25(3): 516-534.
- [6] GIRI B C, CHAKRABORTY A, MAITI T. Pricing and return product collection decisions in a closed-loop supply chain with dual-channel in both forward and reverse logistics[J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2016(6): 104-123.
- [7] YU Y L, XIAO T J. Pricing and cold-chain service level decisions in a fresh agri-products supply chain with logistics outsourcing [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2017, 111(7): 56-66.
- [8] 范小三, 杨志林, 汪峻萍. 不确定需求和回收下闭环供应链协调模型[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2014(8): 108-114.
- [9] 虞跃. 物流服务水平影响需求下双渠道供应链协调契约研究[J]. 东南学术, 2015(3): 133-139.
- [10] NIKUNJA M M, SHIBAJI P, SHIB S S. Three-echelon supply chain coordination considering duopolistic retailers with perfect quality products[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 182(5): 564-578.
- [11] GIRI B C, SARKER B R. Improving performance by coordinating a supply chain with third party logistics outsourcing under production disruption[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2017, 103(11): 168-177.
- [12] 邹勇. 基于最大熵值法的 VMI&TPL 模式利益分配机制[J]. 系统科学学报, 2018(2): 100-104.
- [13] 王夫冬, 周梅华. 基于价格规制和第三方物流参与的三级供应链协调机制研究[J]. 统计与决策, 2018(6): 39-43.
- [14] 干华栋. 第三方物流参与下的医药供应链协调与收益分配研究[D]. 杭州: 浙江大学管理学院, 2012.
- [15] TAMER B, GUILLERMO G. Supply chain coordination in a market with customer service competition [J]. *Production and Operations Management*, 2004, 13(1): 3-22.
- [16] XIAO T J, YANG D Q. Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty[J]. *Production Economics*, 2008, 114(1): 187-200.
- [17] 徐兵, 杨金梅. 需求与回收确定下闭环供应链的竞争与链内协调研究[J]. 中国管理科学, 2014(2): 48-55.
- [18] SHABNAM R, JANET K A, FARROKH M. Reliable product-service supply chains for repairable products[J]. *Transportation Research Part E*, 2016, 16(7): 299-321.
- [19] 罗建锋. 动态物流服务供应链构建与运作优化研究[D]. 西安: 长安大学经济与管理学院, 2015.
- [20] 江志娟, 董千里. 制造业与物流业联动发展的竞合关系研究——基于集成场的视角[J]. 技术经济与管理研究, 2015(8): 13-16.
- [21] 高开仙, 余思勤, 刘文白. 物流服务网络与产品供应链互动协调[J]. 企业经济, 2016(1): 61-65.
- [22] 张建军, 赵启兰. 产品供应链与物流服务供应链协调发展研究: 一个研究框架[J]. 当代经济管理, 2019(2): 31-37.
- [23] ANDY A T, NARENDRA A. Channel dynamics under price and service competition[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2000, 2(4): 372-391.
- [24] XIE W M, JIANG Z B, ZHAO Y X, et al. Contract design for cooperative product service system with information asymmetry[J]. *International Journal of Production Research*, 2014, 52(6): 1658-1680.



(责任编辑 游旭平)