

基于预测承诺契约的物流服务供应链协调

何 婵*, 刘 伟

(上海海事大学 交通运输学院, 上海 201306)

(*通信作者电子邮箱 hechan84@163.com)

摘 要:针对由一个功能单一的物流服务分包商和一个物流服务集成商构成的物流服务供应链的协调问题,提出一种承诺契约协调模型。在此承诺契约中,集成商提供一个需求预测,并承诺至少购买一定比例的预测需求量;物流服务分包商基于集成商的预测进行物流能力投资决策,然后得到物流服务分包商的最优物流能力投资量和集成商预测值的取值集合,并将结果扩展到考虑引入回购因子的情况。研究表明在选取合理参数的条件下,提出的预测承诺契约能够鼓励分包商多备货投资,进而能够使物流服务供应链实现系统收益帕累托改进,提高供应链系统和集成商的期望利润,从而实现系统协调。回购因子的引入可以提高相同预测值下的投资水平。最后通过数值实验验证了结果的可靠性。

关键词:物流服务供应链;预测承诺契约;协调;回购;物流能力

中图分类号: F273.1 **文献标志码:** A

Logistics service supply chain coordination based on forecast-commitment contract

HE Chan*, LIU Wei

(College of Transport and Communications, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To coordinate the logistics service supply chain, composed by a sub-contractor with single function and an integrator, a forecast-commitment contract was proposed. In this contract, a forecast for a future order and a guarantee to purchase a portion of it were provided by the logistics service integrator. Based on the information from the integrator, the logistics services sub-contractor made a decision on logistics capabilities investment. It provided an optimal strategy for the logistics service sub-contractor and gave the optimal forecast for the logistics service integrator. Then a buyback parameter was drawn into the "forecast-commitment" contract. The experimental results show that if the parameters are reasonable, the proposed contract can moderate the logistics services sub-contractor to invest. It shows that this contract can coordinate the whole system by achieving Pareto improvement for the logistics service supply chain and the increase in revenue for the supply chain system and integrator. The buyback parameter can improve the logistics capabilities investment of the sub-contractor at the same forecast. Finally, a numerical experiment was carried out to illustrate the forecast-commitment contract, and results verified the theoretical analysis.

Key words: logistics service supply chain; forecast-commitment contract; coordination; buyback; logistics capability

0 引言

物流服务供应链(Logistics Service Supply Chain, LSSC)由物流服务分包商、物流服务集成商和物流服务需求方构成^[1],其中物流服务集成商是整个供应链的主导,从物流服务分包商处订购物流能力并满足最终物流需求客户的要求。国内外关于服务供应链的研究较多,而LSSC是一种典型的服务供应链,但它有自己独特的行业性质。LSSC的研究近些年才引起学者重视,早期研究多是从定性角度研究LSSC的内涵、结构、性质等,随着研究的深入,逐渐发展成为用定性与定量结合的方法来研究,而协调问题是其中一个重要的研究内容。因为在LSSC上流动的是动态的物流能力,所以不同于产品供应链的协调方法,LSSC主要通过调整和优化物流能力来实现协调。田宇等^[2]分别从一般产品供应链的思路出发,建立了二阶段和三阶段LSSC收益分享契约模型;刘伟华等^[3]研究了物流服务供应链两级能力合作的协调,分别构建

了不确定环境下有/无能力匹配约束时的物流服务集成商成本模型和提供商的利润模型;崔爱平^[4]提出了物流服务供应链中基于期权契约的能力协调,得出期权契约价格与期权执行价格之间存在负相关关系;桂云苗等^[5]考虑供应能力不确定性的物流服务供应链协调;王晓立等^[6]研究了供应和需求均不确定条件下的物流服务供应链协调问题。目前也有些学者将LSSC的协调研究推广到三级物流服务供应链协调。刘伟华^[7]用收益共享契约协调三级物流服务供应链,并给出了最优收益共享系数的确定方法;朱卫平等^[8]研究了三级供应链能力协调,提出一种数量协作联盟的协调模型。

以上研究的协调方式属于正式契约,然而,对于物流服务供应链来说,各行动主体之间进行信息交流和分享更多源自于彼此之间的信任,而在不确定性条件下,这种信任关系往往是正式契约所无法确定的。为此,近年来提出了一种新的非正式契约——预测承诺契约。

承诺契约是一种关系契约。关系契约是来自于经济学的

收稿日期:2013-05-08;**修回日期:**2013-07-12。 **基金项目:**国家自然科学基金资助项目(70541009;71272219);教育部人文社科基金资助项目(11YJA630067);上海海事大学科研基金资助项目(20110020);上海市科委计划项目(11510501800);上海海事大学博士生创新能力培养专项基金资助项目(YC2012056);江西省高校人文社科基金资助项目(GLI211)。

作者简介:何婵(1984-),女,湖北天门人,博士研究生,主要研究方向:物流服务供应链管理;刘伟(1959-),男,江苏苏州人,教授,博士生导师,主要研究方向:物流系统设计与管理。

概念^[9],近年来越来越受到学者和企业家关注。关系契约实质上是一种非正式契约或者不完全的正式契约,它是非正式的协议和口头行为准则^[10]。承诺契约的主要作用是协调供应链行动主体彼此之间的关系,它不包含正式的合同文本,因此无法受到法律保护,但却能得到供应链上各成员企业的认可^[11]。产生承诺契约的原因很多,如环境不确定、信息不对称等。Cachon等^[12]应用承诺契约解决信息不对称下供应链问题,模型中,需求不确定,制造商基于观察到的需求分布特征,给出承诺契约和初始订购量,供应商选择是否接受契约,如果接受,依据初始订购量确定生产能力。通常只有机会成本不高于期望利润的承诺契约才会被接受。然后观察到实际需求后,制造商递交最终订购量。最后,供应商进行生产。给出承诺契约时,需求还无法确定,制造商给出的初始订购量只是一种约定,并不是最终的实际订购量,但是这种约定可以引导供应商确定更强的生产能力。Gan等^[13]研究了需求信息不对称下代购直销供应链的承诺惩罚契约。在代购直销供应链中,供应商承担库存风险,零售商掌握市场需求信息。零售商可能夸大需求预测而供应商可能不能完全满足零售商的订单要求,基于此提出非正式的承诺契约来提供更准确的需求信息和更确定的供应。Durango-Cohen等^[14]提出了针对专用集成电路制造商协调与客户关系的承诺契约,该契约要求客户先会给出一个需求预测,并承诺至少购买其中的一部分,制造商则将承诺至少配送的产品量。研究表明承诺契约可以促进供应链成员分享信息,降低不确定性,从而节约系统总运行成本。而供应链成员之间的相互依赖、相互信任程度影响着承诺水平的高低。Durango-Cohen等^[15]在基本承诺契约基础上讨论了零售商的预测优化,把零售商分为诚实型和策略型两种进行讨论,给出了信息对称下的供应商最优对策。

在物流服务系统中,物流服务集成商可能由于自身能力不足或者缺乏某方面的物流能力而考虑将物流能力外包给分包商。然而在外包的过程中,通常会遇到由于分包商物流能力准备不足而无法完成物流业务,因此遭受声誉方面的重大损失,继而影响需求量。为此,集成商需要鼓励分包商充分投资物流能力来满足其物流能力需求,然而分包商投资物流能力的成本通常比较高,而且有些物流能力是专用的,由于需求不确定,也面临着极大的风险。基于此,集成商通常与分包商签订合约给他们提供更准确的需求预测来换取更充足的备货量。

基于此,本文采用预测承诺契约对LSSC中物流能力的投资与订购进行优化,从而实现LSSC协调。结合LSSC的特质考虑期初集成商拿到订单,但需求并不确定,在分包给分包商时,只提供一个能力初始预测量,并承诺至少购买一定比例的预测量,物流能力实际购买量是在观察到需求量后给出的。如果实际购买量少于承诺购买量,集成商将给予分包商一定的补偿,或者看成集成商将受到一定惩罚。而分包商在收到集成商的订单后,开始进行物流能力投资,投资额 q 的多少由分包商根据自身利益最大化来决策。销售期中,集成商观察到实际的需求量,订购物流能力 Q 。

假设不能满足最终顾客的损失由集成商全部承担。这种假设在事实生活中是合理的,相当于物流服务集成商对最终客户负责,分包商对物流服务集成商负责。对分包商的惩罚是投资能力不能满足集成商订购量的惩罚。

在此模型中,集成商通过承诺最少订购量来激励分包商投资,减少缺货损失。集成商承担了预测不准确的风险,而分包商承担了部分物流能力投资的风险,这样可以实现整个供

应链的风险分担。

与以往文献相比,本文的创新点有如下几点:

1)运用预测承诺博弈来研究物流服务供应链的协调问题。在契约机制设计时,物流服务集成商是LSSC的主导,本文不仅研究了物流服务分包商的投资决策问题,还研究了物流服务集成商预测量。

2)本文将回购因子引入预测承诺契约中。

3)在风险分担上,本文提出的承诺博弈契约,集成商承担了预测不准确的风险,而分包商承担了部分物流能力投资的风险,这样可以做到整个供应链的风险分担。

1 问题描述与假设

考虑一个由供应单一物流能力的物流分包商 S 和一个物流集成商 R 组成的单周期二级LSSC系统。假设分包商和集成商都是有限理性和风险中性,物流需求市场将物流业务外包给集成商,集成商再转包给物流服务分包商。

物流市场需求 $D \geq 0$ 为随机变量, $F(x)$ 和 $f(x)(x \geq 0)$ 分包表示其分布函数和密度函数。 $F(x)$ 是一严格递增的连续可微函数, $F(0) = 0$ 。不失一般性,假定一个单位的物流能力满足一个单位的物流需求。集成商将物流订单全部转包给分包商。

期初,集成商根据自己对下一周期物流需求量的预测,向分包商提出物流能力预测订购量 \bar{f} ,此时的 \bar{f} 并不是真正的物流能力订购量,而是在订购活动之前的一个预测值。集成商向分包商承诺至少会购买一定比例的物流能力,即至少购买 $\alpha \bar{f}$ 的物流能力,其中 $0 \leq \alpha \leq 1$ 。假设分包商有零初始物流能力,分包商依据集成商的预测订购量决策投资,投资额为 q ,投资周期相对较长,但一旦形成物流能力即可提供物流服务^[1],其固定单位物流能力运作成本为 c 。在一个周期内,集成商只能向分包商订购一次,它根据同物流需求企业签订的物流合同观察到下一周期的实际需求量,向分包商订购物流能力 $Q = \max(x, \alpha \bar{f})$,同时相应地给物流服务需求方提供单位价格为 p 的物流服务。集成商实际得到的交付量为 $d = \min\{q, \max\{x, \alpha \bar{f}\}\}$ 。物流服务分包商不能满足集成商订购量时的单位惩罚成本为 π ,当不能满足物流需求方(最终用户)需求时,集成商承担全部缺货惩罚,单位惩罚成本为 s 。

假设本文所用的价格和成本均为外生变量, α, π, s 都是在博弈开始前双方协商好的, $c \leq w \leq p$ 。

LSSC的运作过程如图1所示。

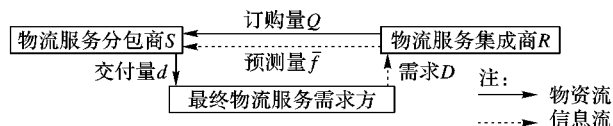


图1 LSSC预测承诺契约概念模型

假设1 $\alpha \bar{f} \leq q \leq \bar{f}$,根据实际情况,一般分包商的生产量不会多于集成商的预测量。

假设2 $\pi \leq p - w + s$,这是由供应商上的成员协商而定的,此假设意味着,集成商将供应链的损失部分转移到分包商。

假设3 由于交易成本对LSSC协调的影响不大,为简化起见,本文不考虑交易成本。

2 模型建立

2.1 集中与分散决策

集中的情况下,将物流服务集成商 R ,物流服务分包商 S 看作同属一家公司,如图2所示。

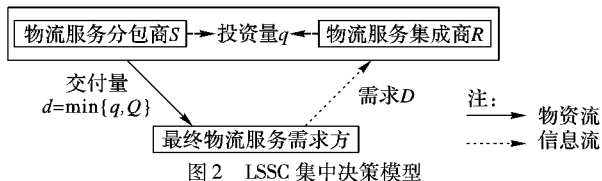


图2 LSSC 集中决策模型

此时 LSSC 的目标是确定最优的 q , 使整个供应链系统的期望利润最大。虽然这一结果在现实中往往因供应链成员追求自身利益最大化而难以实现, 但依然有助于本文分析预测承诺契约能够在多大程度上协调物流服务供应链。该情形下系统的收益函数为:

$$\Pi^{SC}(q) = p * \min(q, x) - cq - sE[\max\{x - q, 0\}] = p\left(q - \int_0^q F(x) dx\right) - cq - s \int_q^\infty (x - q)f(x) dx \quad (1)$$

这是一个标准的报童模型, 其对 q 求一阶导数能够得到唯一的最优投资量 q^{SC} :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi^{SC}(q)}{\partial q} &= (p + s)(1 - F(q)) - c \\ \text{令 } \frac{\partial \Pi^{SC}(q)}{\partial q} &= 0, \text{ 可得到:} \\ q^{SC} &= F^{-1}\left(\frac{p + s - c}{p + s}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

为分析方便, 下面本文讨论分散情况下 LSSC 的投资决策情况。

分散决策中各决策主体的目标是最大化自身的收益, 此时集成商不提供任何订购量承诺, 分包商也不承担缺货损失, 分包商的收益函数为:

$$\begin{aligned} \Pi_s^d(q) &= wE(q) - cq = w\left(\int_0^q xf(x) dx + \int_q^\infty qf(x) dx\right) - cq \\ \text{对 } q \text{ 求一阶导数能够得到唯一的最优投资量:} \\ q_1^* &= F^{-1}\left(\frac{w - c}{w}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

2.2 预期承诺契约分散决策模型

集成商可能会遭受由于分包商物流能力准备不足而无法完成物流业务造成的重大损失。为此, 集成商可能会夸大预测需求来满足其物流能力需求, 而分包商也面临着可能的物流能力投资风险而希望减少闲置物流能力。这样就形成了委托-代理关系, 其运作过程就形成了一个两阶段的博弈过程:

第一阶段 集成商先提供物流需求预测量 \bar{f} , 并与分包商商定承诺契约 (w, \bar{f}, π) 。分包商根据集成商提供的信息, 选择是否接受契约。如果接受, 分包商决策物流能力投资量 q 。

第二阶段 物流服务集成商观察到实际的需求量 D , 提出订购量 Q , 分包商给出实际支付量 d , 交易实现, 博弈结束。

决策过程如图3所示。

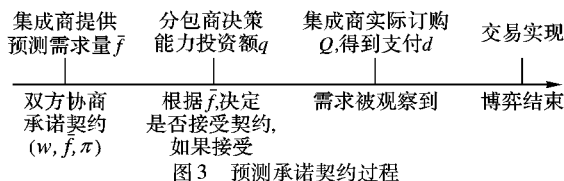


图3 预测承诺契约过程

期望销售量与期望交付量分别为:

$$S(q) = E[\min(d, x)] = E[\min(\min\{q, \max\{x, \alpha\bar{f}\}\}, x)] = \int_0^q xf(x) dx + q(1 - F(q))$$

$$E(d) = \int_0^{\alpha\bar{f}} \alpha\bar{f}f(x) dx + \int_{\alpha\bar{f}}^q xf(x) dx + \int_q^\infty qf(x) dx$$

物流服务集成商与分包商的期望收益函数如下:

$$\Pi_R(\bar{f}, q) = pS(q) - wE(d) - sE[\max\{x - q, 0\}] +$$

$$\begin{aligned} &\pi E[\max\{x, \bar{f}\} - q, 0] = p\left(\int_0^q xf(x) dx + q(1 - F(q))\right) - \\ &w\left(\int_0^{\alpha\bar{f}} \alpha\bar{f}f(x) dx + \int_{\alpha\bar{f}}^q xf(x) dx + \int_q^\infty qf(x) dx\right) - s \int_q^\infty (x - q)f(x) dx + \\ &\pi\left(\int_q^{\bar{f}} (x - q)f(x) dx + \int_{\bar{f}}^\infty (\bar{f} - q)f(x) dx\right) = \\ &p\left(q - \int_0^q F(x) dx\right) - w\left(q - \int_0^q F(x) dx\right) - s \int_q^\infty (x - q)f(x) dx + \\ &\pi(\bar{f} - q - \int_q^{\bar{f}} F(x) dx) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi_s(q) &= wE(d) - cq - \pi E[\max\{x, \bar{f}\} - q, 0] = \\ &w\left(\int_0^{\alpha\bar{f}} \alpha\bar{f}f(x) dx + \int_{\alpha\bar{f}}^q xf(x) dx + \int_q^\infty qf(x) dx\right) - cq - \\ &\pi\left(\int_q^{\bar{f}} (x - q)f(x) dx + \int_{\bar{f}}^\infty (\bar{f} - q)f(x) dx\right) = \\ &w\left(q - \int_0^q F(x) dx\right) - cq - \pi(\bar{f} - q - \int_q^{\bar{f}} F(x) dx) \end{aligned}$$

显然 $\Pi_s(q)$ 关于 q 连续, 且 $\frac{\partial^2 \Pi_s(q)}{\partial q^2} = -(w + \pi)f(q) \leq 0$, 于是求解一阶导数得到 $q_2^* = F^{-1}\left(\frac{w + \pi - c}{w + \pi}\right)$ 。

定理1 供应链的最优生产量决策如下:

$$q^* = \begin{cases} q_1^*, & \bar{f} \leq q_1^* \\ \bar{f}, & q_1^* < \bar{f} \leq q_2^* \\ q_2^*, & q_2^* < \bar{f} \leq \frac{1}{\alpha}q_2^* \\ \alpha\bar{f}, & \bar{f} > \frac{1}{\alpha}q_2^* \end{cases}$$

证明

1) 考虑到集成商采用预测承诺契约的目的是激励分包商多备货, 分包商的生产量不可能小于分散决策时的最优生产量, 所以当 $\bar{f} \leq q_1^*$ 时, $q^* = q_1^*$, 即分包商会选择生产 q_1^* 。这种情况相当于集成商的预测承诺契约没有起到任何作用, 此时集成商给出的最优承诺量 $\bar{f}^* = 0$ 。

2) 当 $q_1^* < \bar{f} \leq q_2^*$ 时, 由假设条件1, 分包商的最大生产量应该为 \bar{f} , 而分包商的收益函数 $\pi_s(q)$ 在 $q < q_2^*$ 时单调递增, 所以分包商的最优生产量应该为 $q^* = \bar{f}$ 。这个时候集成商知道分包商会选择 $q^* = \bar{f}$, 它在此基础上决策自己的最优预测量。此时

$$\begin{aligned} \Pi_R(\bar{f}, q = \bar{f}) &= p\left(\int_0^{\bar{f}} xf(x) dx + \bar{f}(1 - F(\bar{f}))\right) - \\ &w\left(\int_0^{\alpha\bar{f}} \alpha\bar{f}f(x) dx + \int_{\alpha\bar{f}}^{\bar{f}} xf(x) dx + \int_{\bar{f}}^\infty \bar{f}f(x) dx\right) - \\ &s \int_{\bar{f}}^\infty (x - \bar{f})f(x) dx = p\left(\bar{f} - \int_0^{\bar{f}} F(x) dx\right) - \\ &w\left(\bar{f} - \int_0^{\bar{f}} F(x) dx\right) - s \int_{\bar{f}}^\infty (x - \bar{f})f(x) dx \end{aligned}$$

$$\text{注意到 } \frac{\partial^2 \Pi_R(\bar{f}, q = \bar{f})}{\partial \bar{f}^2} = -(p + s - w)f(\bar{f}) - \alpha^2 wf(\alpha\bar{f}) \leq$$

0, 所以集成商存在唯一的最优预测量, 令

$$\frac{\partial \Pi_R(\bar{f}, q = \bar{f})}{\partial \bar{f}} = (p + s - w)(1 - F(\bar{f})) - \alpha wf(\alpha\bar{f}) = 0$$

可得 $\bar{f}^* = \bar{f}_1^*$, \bar{f}_1^* 满足方程:

$$(p + s - w)(1 - F(\bar{f}_1^*)) - \alpha wf(\alpha\bar{f}_1^*) = 0$$

集成商会选择 $\bar{f}^* = \bar{f}_1^*$ 的条件是:

$$\begin{cases} (p + s - w)(1 - F(\bar{f}_1^*)) - \alpha wf(\alpha\bar{f}_1^*) = 0 \\ q_1^* < \bar{f}_1^* \leq q_2^* \end{cases}$$

3) 当 $q_2^* < \bar{f} \leq \frac{1}{\alpha}q_2^*$ 时, 分包商会选择最优生产量 q_2^* ,

此时注意到 $\frac{\partial^2 \Pi_R(\bar{f}, q = q_2^*)}{\partial \bar{f}^2} = -w\alpha^2 f(\alpha \bar{f}) - \pi f(\bar{f}) \leq 0$, 于是

对 $\Pi_R(\bar{f}, q = q_2^*)$ 求一阶导数, 令

$$\frac{\partial \Pi_R(\bar{f}, q = q_2^*)}{\partial \bar{f}} = \pi(1 - F(\bar{f})) - \alpha w F(\alpha \bar{f}) = 0$$

可得 $\bar{f}^* = \bar{f}_2^*$, \bar{f}_2^* 满足方程:

$$\pi(1 - F(\bar{f})) - \alpha w F(\alpha \bar{f}) = 0$$

集成商会选择 $\bar{f}^* = \bar{f}_2^*$ 的条件是:

$$\begin{cases} \pi(1 - F(\bar{f}_2^*)) - \alpha w F(\alpha \bar{f}_2^*) = 0 \\ q_2^* < \bar{f}_2^* \leq \frac{1}{\alpha} q_2^* \end{cases}$$

4) 当 $\bar{f} > \frac{1}{\alpha} q_2^*$ 时, 由假设1可知分包商会选择最优生产量 $\alpha \bar{f}$, 此时

$$\begin{aligned} \Pi_R(\bar{f}, q = \alpha \bar{f}) &= p(\alpha \bar{f} - \int_0^{\alpha \bar{f}} F(x) dx) - w\alpha \bar{f} - \\ &\quad s \int_{\alpha \bar{f}}^{\infty} (x - \alpha \bar{f}) f(x) dx + \pi(\bar{f} - \alpha \bar{f} - \int_{\alpha \bar{f}}^{\bar{f}} F(x) dx) \end{aligned}$$

令

$$\frac{\partial \Pi_R(\bar{f}, q = \alpha \bar{f})}{\partial \bar{f}} = (p + s - w - \pi)\alpha - (p + s - \pi)\alpha F(\alpha \bar{f}) + \pi - \pi F(\bar{f}) = 0$$

可得 $\bar{f}^* = \bar{f}_3^*$, \bar{f}_3^* 满足方程:

$$(p + s - w - \pi)\alpha - (p + s - \pi)\alpha F(\alpha \bar{f}) + \pi - \pi F(\bar{f}) = 0$$

集成商会选择 $\bar{f}^* = \bar{f}_3^*$ 的条件是:

$$\begin{cases} (p + s - w - \pi)\alpha - (p + s - \pi)\alpha F(\alpha \bar{f}_3^*) + \pi - \pi F(\bar{f}_3^*) = 0 \\ \bar{f}_3^* > \frac{1}{\alpha} q_2^* \end{cases}$$

综上所述, 定理结论成立。

由定理1可得到几个占优的策略: $(0, q_1^*)$ 、 (f_1^*, f_1^*) 、 (f_2^*, q_2^*) 、 $(f_3^*, \alpha f_3^*)$ 。

引理1 物流服务集成商的收益值随着分包商的投资量 q 的增加而不减。

证明 因为 $\frac{\partial \Pi_R(\bar{f}, q)}{\partial q} = (p + s - w - \pi)(1 - F(q)) \geq 0$, 所以结论成立。

由引理1可知, 一般情况下, 集成商会采取措施激励物流服务分包商多准备物流能力, 然而显然集成商的激励措施是有代价的, 也即是增加承诺量, 因此集成商要权衡采用哪种预测量。而由定理1证明中的第三部分讨论, 可知, 当 $\bar{f} < \bar{f}_2^*$ 时, 物流服务集成商的收益值随着其预测量 \bar{f} 的增加而增加, 所以:

$$\Pi_R(\bar{f} = \bar{f}_2^*, q = q_2^*) = \max\{\pi_R(\bar{f} = 0, q = q_1^*), \pi_R(\bar{f} = \bar{f}_1^*, q = \bar{f}_1^*), \pi_R(\bar{f} = \bar{f}_2^*, q = q_2^*)\}$$

集成商只需要比较 $\Pi_R(\bar{f} = \bar{f}_2^*, q = q_2^*)$ 与 $\Pi_R(\bar{f} = \bar{f}_3^*, q = \alpha \bar{f}_3^*)$ 来决策选择哪种方案。

定理2 预测承诺契约下物流服务供应链的总收益能够实现帕累托改进。

证明 两种情况下系统的总收益为:

$$\Pi(q) = p(q - \int_0^q F(x) dx) - cq - s \int_q^{\infty} (x - q) f(x) dx$$

分散预测承诺契约下最优投资量 $q = q^*$, 分散供应链模式下最优投资量为 $q = q_1^*$ 。由式(1)分析知, 当 $q < q^{SC}$ 时, $\frac{\partial \Pi^{SC}(q)}{\partial q} > 0$, $\Pi^{SC}(q)$ 单调上升。显然 $q_1^* < q^{SC}$, $q_2^* < q^{SC}$, 而 $q_1^* < q_2^*$, 所以 $\Pi(q_1^*) < \Pi(q_2^*)$, 结论成立。

从定理2可以看出预测承诺契约能实现供应链整体协

调。

2.3 引入回购因子的预测承诺契约模型

下面以 $q^* < \bar{f} \leq \frac{1}{\alpha} q^*$ 为例, 讨论预测承诺契约模型改进的方法。将预测承诺契约与传统的回购契约相结合, 建立了引入回购因子的预期承诺契约模型。

为了鼓励分包商多备货, 或者在分包商的议价能力提高的情况下, 对于分包商的备货损失, 集成商除了承诺最少购买量以外, 还可能提出对分包商多余备货的一个补偿, 比如给予一个 λ 倍购买价格的折扣价格补偿。这里 $0 \leq \lambda \leq 1$ 。假设 $\lambda w \geq c$, 此时分包商收益模型变为:

$$\begin{aligned} \Pi_S(q) &= wE(d) - cq - \pi E[\max\{\min\{x, \bar{f}\} - q, 0\}] + \\ &\quad \lambda w E(q - \max(x, \alpha \bar{f})) = \\ &\quad w \left(\int_0^{\alpha \bar{f}} \alpha f(x) dx + \int_{\alpha \bar{f}}^q x f(x) dx + \int_q^{\infty} q f(x) dx \right) - cq - \\ &\quad \pi \left(\int_q^{\bar{f}} (x - q) f(x) dx + \int_{\bar{f}}^{\infty} (\bar{f} - q) f(x) dx \right) + \\ &\quad \lambda w \left(\int_0^{\alpha \bar{f}} (q - \alpha \bar{f}) f(x) dx + \int_{\alpha \bar{f}}^q (q - x) f(x) dx \right) \end{aligned}$$

令

$$\frac{\partial \Pi_S(q)}{\partial q} = w \int_0^{\alpha \bar{f}} f_s(x) dx - c + \pi \int_q^{\infty} f_s(x) dx + \lambda w \int_0^q f_s(x) dx = 0$$

于是得到加入回购因子后的最优订购量:

$$q^{bd} = F_s^{-1} \left(\frac{w + \pi - c}{w + \pi - \lambda w} \right)$$

当 $\alpha \bar{f} \leq q^{bd} \leq \bar{f}$ 时, 分包商选择最优生产量 q^{bd} , 此时集成商的最优预测量与没有引进回购因子的情况下是一样的, 即 $\bar{f}^* = \bar{f}_2^*$ 。显然 $q_2^* \leq q^{bd}$, 由引理1知引入折扣因子后, 集成商的收益得到改善。即在预测不变的情况下, 引入折扣因子, 可提高分包商的备货量, 从而进一步减少供应链的缺货风险。而 $0 \leq \lambda \leq 1$ 的取值取决于分包商的议价能力。

3 数值实验

下面通过数值例子来进一步检验预测承诺契约作为一种供应链协调机制在面对需求不确定时的有效性。假设物流需求服从 $[0, 300]$ 均匀分布, 其他参数分别为 $p = 90$, $w = 55$, $c = 30$, $\pi = 6$, $s = 45$, 取 $\alpha = 0.87$ 。经计算, 当 LSSC 处于分散模式且缺乏协调时, 分包商的最优能力投资额 $q^* = q_1^* = 120$, 它对应的系统总期望利润 $\Pi_1 = 2610$, 引入预测承诺契约, 以 $q^* = q_2^* = 200$ 为例, 它对应的系统总期望利润 $\Pi_2 = 5250$ 。很显然 $\Pi = \Pi_2 - \Pi_1 = 2640$ 是由于采用预测承诺契约协调后供应链产生的比分散状态下多的利润(注: 为简便起见, 省略参数单位, 不影响分析结果)。

数值实验结果用图4~7所示。

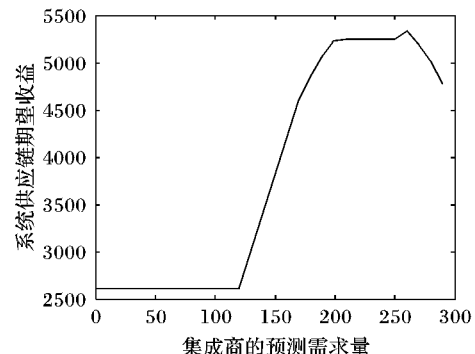


图4 预测订购量对系统总期望收益的影响

分析如下:

图4表明对于整个供应链系统来说, 当预测需求量 $\bar{f} >$

120 时,整个系统的收益随着 \bar{f} 的增大而增加,但 \bar{f} 不能无限制增大,当超过某个值后,整体收益会呈下降趋势。这给出了预测承诺契约适用的范围。

从图 5 中,可以看出集成商的预测订购量对集成商的期望收益的影响比较复杂,当 $120 < \bar{f} \leq 200$ 时,集成商的收益整体呈上升趋势。

图 6 是其他参数不变,只改变物流服务需求方对集成商的单位缺货惩罚成本 s 和物流服务分包商不能满足集成商订购量时的单位惩罚成本 π 后集成商的预测订购量对其期望收益的影响情况。从图 3 可以看出,集成商的期望收益情况受 s 和 π 影响, s 越小, π 越大,集成商获得的收益越大,这与现实物流运作情况一致。同时,可以看到两种情况下集成商的最优预测订购量发生变化。所以要实现协调, s 和 π 必须要在一个合理的范围内。

图 7 是集成商的预测订购量对分包商投资能力的影响。很显然,当 $\bar{f} \leq 120$ 时,分包商的投资能力不受 \bar{f} 的影响;当 $120 < \bar{f} \leq 200$ 时,分包商的投资能力随着 \bar{f} 的增大而增加;当 $200 < \bar{f} \leq 250$ 时,分包商的投资能力为一固定值;当 $\bar{f} > 250$ 时,分包商的投资能力随着 \bar{f} 的增大呈上升趋势。

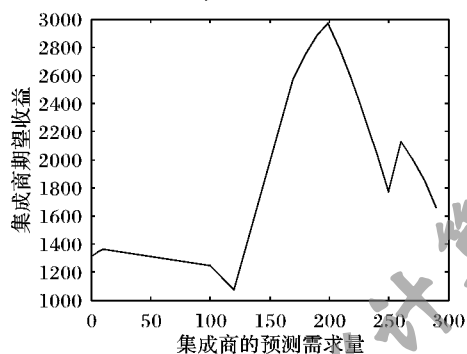


图5 预测订购量对集成商期望收益的影响

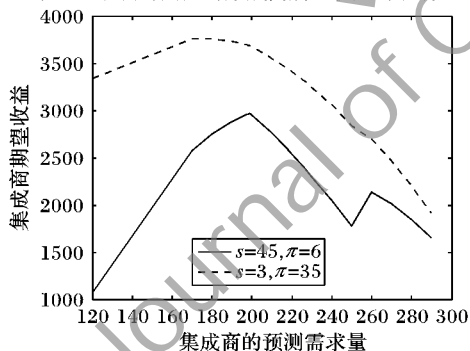


图6 不同惩罚系数下预测订购量对集成商期望收益的影响

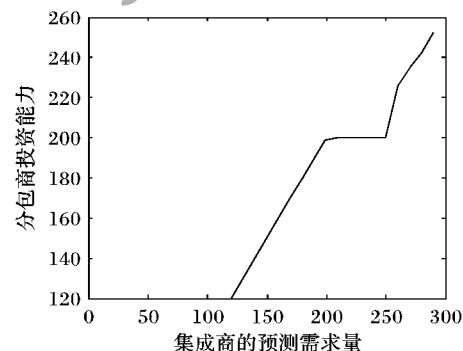


图7 预测订购量对分包商投资能力的影响

由上述分析,可以知道预测承诺契约对系统决策的影响。在现实生产中,物流服务集成商可以根据这些结论,合理预测

以引导分包商进行充分物流能力投资,从而减少自身风险,增加收益。

4 结语

不同于产品供应链,LSSC 作为能力链,其协调手段只能通过服务能力的调整与优化来实现。基于这种供应链的特质,本文针对包含一个集成商和一个分包商的 LSSC 系统,在 Stackelberg 主从博弈下提出一种基于预测承诺协调机制来研究集成商与分包商物流能力的预测与投资决策问题,并进一步对协调机制的效果及供应链期望额外利润进行数值检验。结合 LSSC 本身的特殊性和实际情况,与已有文献不同的是,本文的预测承诺契约模型考虑集成商在期初先有一个能力初始预测量,并相应地有个最小能力订购量承诺,分包商根据集成商的信息进行物流能力投资。供应链的缺货损失由集成商全部承担,而分包商承担不能满足集成商预测量的损失。数值实验表明预测承诺契约可以实现 LSSC 的协调,从而提高整体供应链和集成商的期望利润。而作为契约核心决策要素的承诺订购比例 α ,批发价格 w 和对分包商的惩罚系数 π 必须在一个合理的范围内。

参考文献:

- [1] 崔爱平. 基于供应链契约的物流服务供应链能力优化与协调研究[D]. 上海: 上海海事大学, 2008.
- [2] 田宇, 吴佩勋. 物流服务供应链收益分享合同模型[J]. 科学管理研究, 2006, 26(1): 227-229.
- [3] 刘伟华, 季建华, 顾巧论. 物流服务供应链两级合作的质量监控与协调[J]. 工业工程与管理, 2007, 12(3): 47-51.
- [4] 崔爱平, 刘伟. 物流服务供应链中基于期权契约的能力协调[J]. 中国管理科学, 2009, 17(2): 59-65.
- [5] 桂云苗, 龚本刚, 张延龙. 考虑供应能力不确定性的物流服务供应链协调[J]. 北京交通大学学报, 2010, 11(2): 27-31.
- [6] 王晓立, 马士华. 供应和需求不确定条件下物流服务供应链能力协调研究[J]. 运筹与管理, 2011, 20(2): 44-49.
- [7] 刘伟华. 三级物流服务供应链最优收益共享系数确定方法[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(5): 811-816.
- [8] 朱卫平, 刘伟, 高志军. 三级物流服务供应链能力协调[J]. 上海海事大学学报, 2012, 33(2): 26-32.
- [9] MACNEIL L R. 新社会契约论[M]. 雷喜宁, 译. 北京: 中国政法大学出版社, 2004: 10-30.
- [10] 黄洁. 关系性契约及其治理机制评述[J]. 特区经济, 2008(4): 255-256.
- [11] 蔡建湖, 韩毅, 周根贵, 等. 基于承诺契约的两级供应链库存决策模型[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(10): 1879-1891.
- [12] CACHON G P, LARIVIERE M A. Contracting to assure supply: How to share demand forecasts in a supply chain[J]. Management Science, 2001, 47(5): 629-646.
- [13] GAN X, SETHI S P, ZHOU J. Commitment-penalty contracts in drop-shipping supply chains with asymmetric demand information[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 204(1): 449-462.
- [14] DURANGO-COHEN E J, YANO C A. Supplier commitment and production decisions under a forecast-commitment contract[J]. Management Science, 2006, 52(1): 54-67.
- [15] DURANGO-COHEN E J, YANO C A. Optimizing customer forecasts for forecast-commitment contracts[J]. Production and Operations Management Society, 2011, 20(5): 681-698.