

# 考虑可靠性的物流服务供应链的契约设计

刘艳秋, 蔡超<sup>†</sup>

(沈阳工业大学 管理学院, 沈阳 110870)

**摘要:** 研究考虑有可靠性参与的二级物流服务供应链的优化与协调. 研究表明: 在研究由第四方物流集成商与第三方物流提供商构成的二级物流服务供应链时, 加入提供商的可靠度, 利用委托代理理论建立一种基于委托代理理论的有可靠性参与的优化契约模型, 有利于提高供应链整体的最优物流能力订购量, 提高集成商和提供商的利润; 提供商的可靠度与提供商、物流服务供应链的期望利润负相关, 与供应商的期望利润正相关.

**关键词:** 物流服务供应链; 可靠性; 第四方物流集成商; 第三方物流提供商; 委托代理理论

中图分类号: C935

文献标志码: A

## Contract design of logistics service supply chain considering

LIU Yan-qiu, CAI Chao<sup>†</sup>

(School of Management, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

**Abstract:** The paper mainly studies the optimization and coordination of the secondary logistics service supply chain considering the reliability participation. The research shows that when the second-class logistics service supply chain composed of the fourth-party logistics integrator and the third-party logistics provider is studied, the reliability of the provider is added, and the principal-agent theory is used to establish an optimization contract model with reliability participation, it will be beneficial to improve the optimal logistics capacity of the supply chain and increase the profit of the integrator and provider. The reliability of the provider is negatively related to the expected profit of the provider and the logistics service supply chain, which is positively related to the expected profit of the supplier.

**Keywords:** logistics service supply chain; reliability; fourth logistics integrators; third-party logistics providers; principal-agent theory

## 0 引言

近几年来,随着物流服务产业的不断升级发展,国内外学者对物流服务供应链(LSSC)进行了不断深入的研究<sup>[1-7]</sup>. 1985年, Pasternack<sup>[8]</sup>提到了“供应链契约”,这是关于供应链契约最早的描述. 随着物流供应链行业的不断发展,众多学者对供应链契约进行了更为深入的研究. Liu等<sup>[9]</sup>研究出随着不确定性的增加,物流服务集成商(LSI)的总体成本增加,而所有功能性物流服务提供商(FLSP)的总体满意度下降,同时,紧急成本系数与FLSP的满意度和一般惩罚强度密切相关,紧急成本系数越大,FLSP的满意度越高; Liu等<sup>[10]</sup>验证了可靠性的质量监督和协调对于物流服务供应链的成功合作至关重要,研究了功能物流服务提供商和物流服务集成商在FLSP承诺服务质量缺陷

保证时的质量决策问题; Choy等<sup>[11]</sup>进行了对3PL公司应用ILIMS的案例研究,通过使用该系统,可以减少与物流过程相关联的供应链不确定性,并为整个订单履行过程带来显著的性能改进; Bassok等<sup>[12]</sup>通过对市场进行合理的需求假设,发现其符合正态分布,建立了其基础的关联期权契约模型,更为物流供应链的协调研究打下了基础; Pierpaolo等<sup>[13]</sup>通过一系列的模型研究了在收益共享契约系数约束下供应链成员达成协调的条件; 崔爱平等<sup>[14]</sup>利用期权契约对物流服务供应链物流能力的销售利润与销量进行优化,实现了物流服务供应链的良好协调; 袁旭梅等<sup>[15]</sup>研究了在回购契约与期权契约下,对物流服务供应量的协调问题,与传统的供应链契约相比具有创新性和实用性; 孟丽君等<sup>[16]</sup>建立了基于批发价格

收稿日期: 2016-10-28; 修回日期: 2017-03-03.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70431003); 辽宁省科学技术计划基金项目(2013216015); 沈阳市科技计划基金项目(F13-051-2-00, F14-231-1-24).

作者简介: 刘艳秋(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 从事复杂系统可靠性的建模与优化等研究; 蔡超(1988—), 男, 博士生, 从事物流系统与工程的研究.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: cchao2006@163.com

契约下,主从协调的收益共享契约下的协调模型,得出了在不同协调方法下最优解满足的条件;何美玲等<sup>[17]</sup>研究了物流服务供应链在回购契约与收益共享契约约束下供应链成员的利益分配与协调问题.

此前,大多学者的研究没有对第三方物流服务提供商的可靠性以及可靠性与成本关系进行深入讨论.本文在建立基本的物流服务供应链契约模型时,引入第三方物流服务提供商的可靠度,其中不同的可靠度要求将影响第三方物流的成本以及第四方物流服务商的物流订购量.通过委托代理理论建立一个第三方物流供应商的可靠度与其成本的关系,并且引入一个份额系数 $\phi$ ,对第四方物流供应商与第三方物流供应商的利润进行合理的利益分配,设计一个考虑可靠性基于委托代理理论的物流服务供应链契约.

## 1 问题描述

本文主要研究在单周期下,一条由单个第四方物流服务集成商和单个第三方物流提供商组成的二级物流服务供应链.在博弈与协调过程中,第四方物流服务集成商与第三方物流提供商需要谈判,根据L-F博弈(leader-follower game),在物流服务供应链中,第四方物流服务集成商占据主导地位;两者都是风险中性以及有限理性;双方的成本结构与市场需求信息是完全的;第四方物流服务集成商与第三方物流供应商的能力完全能够满足市场订购需求.

### 1.1 符号说明

1)  $D$ : 第四方物流服务集成商期望的物流业务需求,设概率密度函数为 $f(x)$ ,分布函数为 $F(x)$ ,均值为 $\mu$ .

2)  $q$ : 第四方物流服务集成商向第三方物流服务提供商采购的物流能力订购量.

3)  $q_0^*$ : 没有任何契约参与下的物流服务供应链的最优物流能力订购量.

4)  $R$ : 第四方物流服务集成商自身努力需要达到的可靠度.

5)  $r$ : 第四方物流服务集成商向潜在客户销售购买物流能力的单位价格.

6)  $w$ : 第四方物流服务集成商向第三方物流服务提供商按照客户潜在需求购买物流能力的单位价格.

7)  $g$ : 当第四方物流服务集成商可调控的物流能力不能满足客户潜在需求时,需要承担的单位惩罚成本.

8)  $C_L$ : 第四方物流服务集成商的单位物流能力运作成本.

9)  $C_{S_1}$ : 第三方物流服务提供商单位物流能力储

运(运输、存储)成本.

10)  $C_{S_2}$ : 第三方物流服务提供商单位物流能力运作成本.

11)  $S(q)$ : 第四方物流服务集成商的期望物流能力销售量.

12)  $I(q)$ : 第四方物流服务集成商的期望物流能力剩余量.

13)  $L(q)$ : 第四方物流服务集成商物流能力缺失量.

14)  $\Pi^L$ 、 $\Pi^S$ 、 $\Pi^{SL}$ : 第四方物流服务集成商、第三方物流服务提供商、物流服务供应链的利润.

15)  $\Pi_0^L$ 、 $\Pi_0^S$ 、 $\Pi_0^{SL}$ : 没有任何契约参加下的第四方物流服务集成商、第三方物流提供商、物流服务供应链的利润.

## 1.2 基本的物流服务供应链契约

### 1.2.1 第四方物流服务集成商的利润

第四方物流服务集成商的成本由以下3方面构成: 1) 第四方物流集成商面向市场需求向第三方物流提供商购买物流能力的成本; 2) 根据市场需要寻求物流的运作成本; 3) 当购买的物流能力不能满足潜在客户需求时造成的惩罚成本.

物流服务供应链与产品供应链不同,当向第三方物流服务提供商购买的物流能力大于顾客需求时,第四方物流服务集成商不存在物流能力库存积压成本,不需要额外支付这方面的支出.因此,第四方物流服务集成商的利润为

$$\Pi^L = (r - C_L)S(q) - gL(q) - wq. \quad (1)$$

其中 $S(q) = \int_0^\infty (q \wedge x)f(x)dx$ ,  $\wedge$ 表示取小.

当 $q \geq x$ 时,有

$$S(q) = \int_0^q xf(x)dx =$$

$$xF(x)|_0^q - \int_0^q F(x)dx = qF(q) - \int_0^q F(x)dx;$$

当 $q < x$ 时,有

$$S(q) = \int_0^\infty qf(x)dx =$$

$$q \int_0^\infty f(x)dx - q \int_0^q f(x)dx = q - qF(q).$$

因此可得

$$S(q) = qF(q) - \int_0^q F(x)dx + q - qF(q) = q - \int_0^q F(x)dx. \quad (2)$$

另有, $L(q)$ 为第四方物流服务集成商在周期末,未满足客户需求形成的物流能力缺失量,有

$$L(q) = E(D - q)^+ =$$

$$E[\max\{D - q\}] = \mu - S(q). \quad (3)$$

因此,第四方物流服务集成商的利润为

$$\begin{aligned} \Pi^L &= (r - C_L) \left( q - \int_0^q F(x) dx \right) - \\ &g \left( \mu - q + \int_0^q F(x) dx \right) - wq = \\ &(r - C_L - w + g)q - \\ &(r - C_L + g) \int_0^q F(x) dx - g\mu. \end{aligned} \quad (4)$$

### 1.2.2 第三方物流服务提供商的利润

第三方物流服务提供商成本主要包括以下 3 方面: 1) 按第四方物流集成商需求努力达到相应可靠度的成本; 2) 自身物流能力的储运成本(运输成本、储存成本); 3) 自身物流能力的运作成本. 它的利润主要由向第四方物流服务集成商提供所需物流能力的收入构成. 因此, 第三方物流服务提供商的利润为

$$\Pi^S = (w - C_{S_1})q - C_{S_2}S(q). \quad (5)$$

当第三方物流提供商提供的物流能力大于市场潜在需求时, 第四方物流服务集成商没有利用的物流能力的部分不产生相关运作成本. 因此有

$$\begin{aligned} \Pi^S &= (w - C_{S_1})q - C_{S_2}S(q) = \\ &(w - C_{S_1})q - C_{S_2} \left( q - \int_0^q F(x) dx \right) = \\ &(w - C_{S_1} - C_{S_2})q + C_{S_2} \int_0^q F(x) dx. \end{aligned} \quad (6)$$

### 1.2.3 物流服务供应链利润

第四方物流服务集成商的期望利润与第三方物流服务提供商的利润相加就是物流服务供应链的利润. 因此, 物流服务供应链的利润为

$$\begin{aligned} \Pi^{SL} &= \Pi^L + \Pi^S = \\ &(r - C_L - w + g)q - (r - C_L + g) \int_0^q F(x) dx - \\ &g\mu + (w - C_{S_1} - C_{S_2})q + C_{S_2} \int_0^q F(x) dx = \\ &(r - C_L - C_{S_1} - C_{S_2} + g)q - \\ &(r - C_L - C_{S_2} + g) \int_0^q F(x) dx - g\mu. \end{aligned} \quad (7)$$

## 2 无任何契约参与的模型

无任何物流服务供应链契约参与时, 根据 L-F 博弈理论, 第四方物流服务集成商根据市场需求确定一个最优物流订购量, 这个最优订购量会使物流服务供应链的周期利润最大.

由莱布尼兹法则可知,  $\Pi^L$  是关于  $q$  的凹函数,  $\Pi^L$  对  $q$  求偏导得

$$\frac{\partial \Pi^L}{\partial q} = r - C_L - w + g - (r - C_L + g)F(q_0^*) = 0.$$

当物流服务供应链的利润达到最优决策时, 第四方物流服务集成商的物流能力订购量函数为

$$F(q_0^*) = \frac{r - C_L - w + g}{r - C_L + g}. \quad (8)$$

此时, 第四方物流服务集成商最优的物流能力订购量

$$q_0^* = F^{-1} \left( \frac{r - C_L - w + g}{r - C_L + g} \right). \quad (9)$$

因此, 没有任何契约参与下的第四方物流服务集成商、第三方物流服务提供商和物流服务供应链的利润分别为

$$\begin{aligned} \Pi_0^L &= (r - C_L - w + g)q_0^* - (r - \\ &C_L + g) \int_0^{q_0^*} F(x) dx - g\mu, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\Pi_0^S = (w - C_{S_1} - C_{S_2})q_0^* + C_{S_2} \int_0^{q_0^*} F(x) dx, \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Pi_0^{SL} &= (r - C_L - C_{S_1} - C_{S_2} + g)q_0^* - \\ &(r - C_L - C_{S_2} + g) \int_0^{q_0^*} F(x) dx - g\mu. \end{aligned} \quad (12)$$

## 3 考虑可靠性的基于委托代理理论契约模型

### 3.1 增加的参数

1)  $b$ : 第三方物流服务集成商的可靠性成本系数,  $b > 0$ .

2)  $R$ : 第三方物流服务提供商的可靠度 ( $0 \leq R \leq 1$ ), 可由第三方物流服务提供商努力获取.

3)  $q_{WT}^L$ : 竞争博弈中, 第四方物流服务集成商从自身角度考虑利润最大时, 最优的物流能力订购量.

4)  $q_{WT}^S$ : 竞争博弈中, 第三方物流服务提供商从自身角度考虑利润最大时, 最优的物流能力订购量.

5)  $\Pi_{WT}^L$ 、 $\Pi_{WT}^S$ 、 $\Pi_{WT}^{SL}$ : 基于委托代理理论优化模型, 竞争博弈协调中第四方物流服务集成商、第三方物流服务提供商、物流服务供应链的利润.

6)  $k$ :  $k > 0$  为产出系数.

7)  $\varphi$ : 不受物流服务供应链影响的外部环境因素(路况等),  $\varphi \in N(0, \sigma^2)$ .

8)  $\phi$ : 第四方物流服务供应商占物流服务供应链的产出份额.

9)  $\alpha$ : 固定报酬.

### 3.2 模型的建立

第三方物流服务供应商的可靠性是通过努力得到的, 但需要产生成本, 根据委托代理理论, 有可靠性成本

$$C(R) = \frac{1}{2}bR^2. \quad (13)$$

其中:  $b > 0$  为可靠性成本系数;  $0 \leq R \leq 1$  为第三方物流服务供应商的可靠度, 可靠度  $R$  越高, 成本也越大,  $R = 1$  表示第三方物流服务提供商几乎可靠.  $R$  值的大小将影响第三方物流服务提供商的质量, 设第三方物流服务供应商产出能力产出为  $q_{WT}$ . 因此, 当第三方物流服务供应商可靠度为  $R$  时, 产出函数为  $q_{WT}(R) = kR + \varphi$ ,  $k > 0$  为产出系数,  $\varphi$  为不受物流服务供应链影响的外部环境因素(路况等),  $\varphi \in N(0, \sigma^2)$ .

根据L-F博弈理论,第四方物流集成商是风险中性,第三方物流提供商为风险规避者,双方经过均匀决策签订委托代理契约,第四方物流集成商根据物流服务供应链的产出利润给第三方物流服务提供商相应的报酬,有

$$S(q) = \alpha + (1 - \phi)q. \quad (14)$$

其中: $\alpha > 0$ 为固定报酬, $1 - \phi$ 为第三方物流服务提供商在物流服务供应链的利润产生份额.

综上,基于委托代理理论的物流服务供应链契约优化模型构造如下:

第四方物流服务集成商的利润为

$$\begin{aligned} \Pi^L = & r\phi S(q) - gL(q) - wq = \\ & (r\phi - C_L - w + g)q - (r\phi - C_L + \\ & g) \int_0^q F(x)dx - g\mu. \end{aligned} \quad (15)$$

第三方物流服务提供商的利润为

$$\begin{aligned} \Pi^S = & (w - C_{S_1} - \frac{1}{2}bR^2)q - C_{S_2}S(q) + (1 - \phi)rS(q) = \\ & (w - C_{S_1} - C_{S_2} - \frac{1}{2}bR^2 + (1 - \phi)r)q + \\ & (C_{S_2} - (1 - \phi)r) \int_0^q F(x)dx. \end{aligned} \quad (16)$$

物流服务供应链的利润为

$$\begin{aligned} \Pi^{SL} = \Pi^L + \Pi^S = & (r - C_L - C_{S_1} - C_{S_2} - \frac{1}{2}bR^2 + g)q - \\ & (r - C_L - C_{S_2} + g) \int_0^q F(x)dx - g\mu. \end{aligned} \quad (17)$$

第四方物流服务商从自身角度考虑利润最大时,最优物流能力订购量为

$$q_{WT}^L = F^{-1}\left(\frac{r\phi - C_L - w + g}{r\phi - C_L + g}\right).$$

第三方物流服务提供商从自身角度考虑利润最大的物流能力订购量为

$$q_{WT}^S = F^{-1}\left(\frac{C_{S_1} + C_{S_2} + \frac{1}{2}bR^2 - w - (1 - \phi)r}{C_{S_2} - (1 - \phi)r}\right).$$

令 $q_{WT}^L = q_{WT}^S$ ,则可以得到第四方物流服务集成商占物流服务供应链的最优份额为

$$\phi_{WT} = \frac{w(r - C_{S_2}) + (C_L - g)\left(C_{S_1} + \frac{1}{2}bR^2 - w\right)}{r\left(C_{S_1} + \frac{1}{2}bR^2\right)}. \quad (18)$$

此时,第四方物流服务集成商、第三方物流服务提供商和物流服务供应链的利润分别为

$$\begin{aligned} \Pi_{WT}^L(\phi_{WT}, q_{WT}^L) = & (r\phi_{WT} - C_L - w + g)q_{WT}^L - \\ & (r\phi_{WT} - C_L + g) \int_0^{q_{WT}^L} F(x)dx - g\mu, \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{WT}^S(\phi_{WT}, q_{WT}^L) = & \left(w - C_{S_1} - C_{S_2} - \frac{1}{2}bR^2 + (1 - \phi_{WT})r\right)q_{WT}^L + \\ & (C_{S_2} - (1 - \phi_{WT})r) \int_0^{q_{WT}^L} F(x)dx, \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{WT}^{SL}(\phi_{WT}, q_{WT}^L) = & (r - C_L - C_{S_1} - C_{S_2} - \frac{1}{2}bR^2 + g)q_{WT}^L - \\ & (r - C_L - C_{S_2} + g) \int_0^{q_{WT}^L} F(x)dx - g\mu. \end{aligned} \quad (21)$$

## 4 模型验证与实例仿真

### 4.1 实例假设

1) 第四方物流集成商面临的市场潜在物流需求服从均匀分布,概率密度函数为

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{1500}, & x \in (0, 1500); \\ 0, & \text{其他.} \end{cases}$$

分布函数为

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \in (-\infty, 0); \\ \frac{x}{1500}, & x \in [0, 1500), \mu = 750; \\ 1, & x \in [1500, +\infty). \end{cases}$$

2) 第四方物流服务集成商向顾客销售物流能力的单位价格 $r = 500$ .

3) 第四方物流服务集成商的单位物流能力运作成本 $C_L = 60$ .

4) 第三方物流服务提供商单位物流能力储运成本 $C_{S_1} = 50$ .

5) 第三方物流服务商单位物流能力运作成本 $C_{S_2} = 70$ .

6) 第四方物流集成商向第三方物流服务商购买物流能力的单位价格 $w$ 可随市场需求变动.

7) 第三方物流服务提供商的可靠度 $R$ 可根据自己的努力变动.

8) 第四方物流服务商的物流能力不能满足顾客需求的单位惩罚成本 $g$ 可变动.

设购买价格、第三方物流供应商的可靠度、可靠度系数、惩罚成本的初值分别为 $w = 230, R = 0.8, b = 1500, g = 50$ .

### 4.2 对比验证

1) 与没有任何契约参与的结果对比.委托代理契约下,物流服务供应链与未有任何契约参与的结果对比如表1所示.

表1 没有契约参加与基于委托代理理论契约对比

	最优物流能力订购量	第四方物流集成商的利润	第三方物流提供商的利润	物流服务供应链的整体利润
未参与	796.0	24076.3	43023.7	67100.0
参与	1275.3	43560.4	51060.5	94620.9

由表1可知,与没有任何契约参与的物流服务供应链相比,基于委托代理理论的供应链契约使整个物流服务供应链的最优物流能力订购量大大增加,第三方物流服务集成商的利润增加幅度很大,第三方物流服务供应商的利润也增大,最后整条物流服务供应链的周期利润有可观的增加.这说明在基于委托代理的供应链契约下,对于第三方物流服务集成商而言,它的业务量增大,向第三方物流服务提供商订购更多的物流单位,促进自己的利润增长;对于第三方物流服务提供商而言,由于业务量增大,其利润也增加.

2) 第三方物流服务提供商的可靠度  $R$  变动对收益系数  $\phi$  的影响. 文中第三方物流提供商的可靠度  $R$  在  $0.4 \sim 0.9$  取值. 从图1可以得到,在基于委托代理理论契约的参与决策下,第三方物流集成商在物流服务供应链中的收益系数  $\phi$  随着第三方物流提供商可靠度的提高而减小. 这是因为当第三方物流集成商根据市场需求要求提高可靠度时,第三方物流提供商必须努力去使自己的可靠度达标,但是却提高了成本,所以第三方物流供应商会与第三方物流集成商博弈要求增加成本费用,这样会引起第三方物流集成商的收益系数变小.

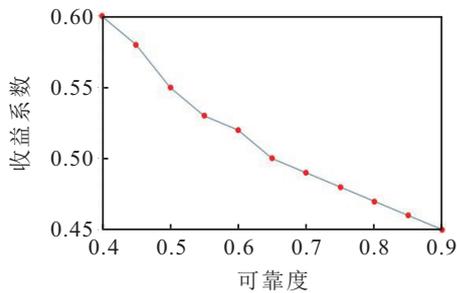


图1 可靠性  $R$  变动对收益系数  $\phi$  的影响

3) 第三方物流提供商可靠度  $R$  对最优物流订购量  $q$  的影响. 从图2可以得到,在基于委托代理理论契约的参与决策下,供应链的最优物流能力订购量  $q$  随着第三方物流提供商可靠度  $R$  的提高而减少. 这是因为,当第三方物流集成商根据市场要求第三方物流供应商提高可靠度时,会给第三方物流提供商造成额外成本,所以在与第三方物流集成商进行博弈时,会

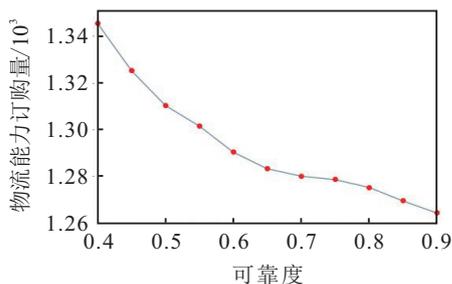


图2 可靠度  $R$  对物流订购量  $q$  的影响

要求提高自己的收益份额,这就造成第三方物流集成商的收益系数减小,使其降低物流能力订购量.

4) 第三方物流提供商的可靠度  $R$  对第三方物流集成商利润的影响. 从图3可以得到,在委托代理理论契约的参与决策下,第三方物流集成商的利润随着第三方物流提供商的可靠度增加而减少. 这是因为当可靠度增加时,第三方物流供应商会经过努力达到要求的可靠度,同时也增加了成本,通过博弈要求提高物流服务供应链的份额,造成第三方物流集成商的收益系数减小,第三方物流集成商的利润减少.

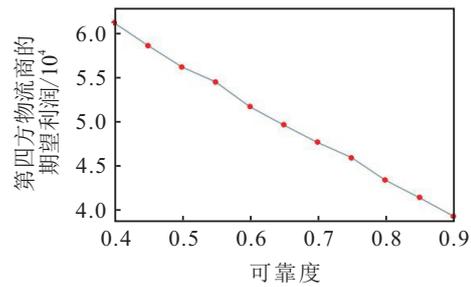


图3 可靠度  $R$  对第三方物流集成商利润的影响

5) 第三方物流提供商的可靠度  $R$  对第三方物流提供商利润的影响. 从图4可以得到,在委托代理理论契约的参与决策下,第三方物流提供商的利润随可靠度  $R$  的提高而增加. 这是因为当要求的可靠度提高时,会造成第三方物流集成商的收益系数  $\phi$  减小,第三方物流提供商的收益份额增加,其利润增加.

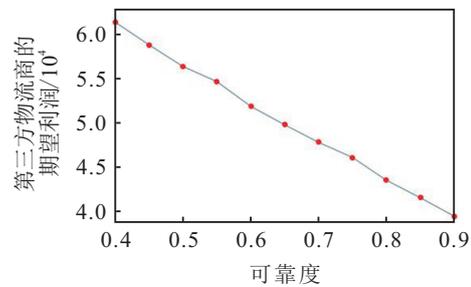


图4 可靠度  $R$  对第三方物流提供商利润的影响

6) 可靠度  $R$  对物流服务供应链利润的影响. 从图5可以得到,在委托代理理论契约的参与决策下,整条物流服务供应链的利润随着第三方物流提供商可靠度的提高而减小.

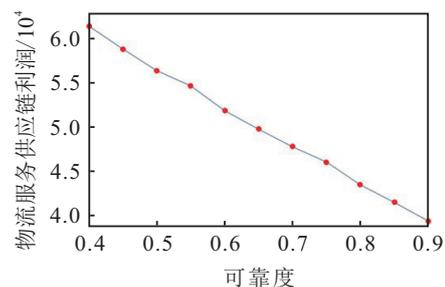


图5 可靠度  $R$  对物流服务供应链利润的影响

## 5 结论

物流服务供应链作为一条能力链,其协调手段主要通过对其服务能力的优化来解决. 本文以二级物流服务供应链为研究方向,研究了第三方物流服务提供商的可靠性在整个物流服务供应链的重要性. 首先构造基于物流服务供应链的基本模型,之后引入第三方物流服务提供商的可靠性这个变量,并且利用委托代理理论构造第三方物流服务供应链的可靠性与成本以及销量的关系;然后基于委托代理理论构造一种物流服务供应链的优化契约,之后利用数值仿真分析,验证了在基于委托代理理论的契约协调下,物流供应链的利润、第四方物流集成商的利润、第三方物流提供商的利润以及最优物流能力订购量增加显著. 当第三方物流提供商的可靠度提高时,会对收益系数、最优物流能力订购量、第四方物流集成商的利润、第三方物流提供商的利润、物流服务供应链的利润有着重要影响. 本文研究在单周期下由单个第四方物流集成商与单个第三方物流供应商组成的一个二级物流服务供应链,具有多个物流商单位参与的物流服务供应链在多周期的协调是以后研究的方向.

### 参考文献(References)

- [1] Abbas D, Handler R, Dykstra D, et al. Cost analysis of forest biomass supply chain logistics[J]. *J. of Forestry*, 2013, 111(4): 271-281.
- [2] Choi T M, Wallace S W, Wang Y. Risk management and coordination in service supply chains: Information, logistics and outsourcing[J]. *J. of the Operational Research society*, 2016, 67(2): 159-164.
- [3] 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*, 2001, 20(2): 44-49.  
(Wang X L, Ma S H. Study on capacity coordination of logistics service supply chain under supply and demand uncertain conditions[J]. *Operations Research and Management Science*, 2001, 20(2): 44-49.)
- [4] 郭琼, 杨德礼. 需求信息不对称下基于期权的供应链写作机制的研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2006, 12(9): 1466-1471.  
(Guo Q, Yang D L. Study on option-based supply chain writing mechanism under demand information asymmetry[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2006, 12(9): 1466-1471.)
- [5] 蔡云飞, 邹飞. 物流服务供应链及其构建[J]. *企业改革与管理*, 2006, 8: 17-18.  
(Cai Y F, Zou F. Logistics Service Supply Chain and Its Construction[J]. *Enterprise Reform and Management*, 2006, 8: 17-18.)
- [6] 杨德礼, 郭琼, 何勇, 等. 供应链契约研究发展[J]. *管理学报*, 2006, 3(1): 117-125.  
(Yang D L, Guo Q, He Y, et al. The development of supply chain contract[J]. *Chinese J of Management*, 2006, 3(1): 117-125.)
- [7] 张鹏. 基于委托代理关系的供应链风险分担的研究[D]. 西安: 西北大学经济管理学院, 2009.  
(Zhang P. Study on supply chain risk sharing based on principal-agent relationship[D]. Xi'an: School of Economics & Management, Northwestern University, 2009.)
- [8] Pasternack B A. Optimal pricing and returns policies for perishable commodities[J]. *Marketing Science*, 1985, 4: 166-176.
- [9] Liu W, Xu W, Ren Z, et al. An emergency order allocation model based on multi-provider in two-echelon logistics service supply chain[J]. *Supply Chain Management*, 2011, 16(6): 391-400.
- [10] Liu W H, Xie C. Quality decision of the logistics service supply chain with service quality guarantee[J]. *Int J of Production Research*, 2013, 51(5): 1618-1634.
- [11] Choy K L, Li C L, So S C K, et al. Managing uncertainty in logistics service supply chain[J]. *Int J of Risk Assessment & Management*, 2007, 7(1): 19-22.
- [12] Barnes Schuster D, Bassok Y, Anupindi R. Coordination and flexibility in supply contracts with options[J]. *Manufacturing & Services Operations Management*, 2002, 4(3): 171-207.
- [13] Pierpaolo P, Ilaria G. Negotition of the revenue sharing contract: An agent-based system approach[J]. *Int J of Production Economics*, 2009, 122(2): 558-566.
- [14] 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, 2(17): 65-69.  
(Cui A P, Liu W. Capacity coordination based on option contract in logistics service supply chain[J]. *chinese J of Management*, 2009, 2(17): 65-69.)
- [15] 袁旭梅, 李堃静, 宓翠. 基于期权回购契约的物流服务供应链协调研究[J]. *计算机应用研究*, 2015, 32(9): 2643-2646.  
(Yuan X M, Li K J, Mi C. Study on logistics service supply chain coordination based on option repurchase contract[J]. *Application Research of Computers*, 2015, 32(9): 2643-2646.)
- [16] 孟雨君, 黄祖庆, 郭小钗. 二级物流服务供应链的协调机制研究[J]. *运筹与管理*, 2014, 23(2): 107-115.  
(Meng L J, Huang Z Q, Guo X C. Research on the coordination mechanism of the second-level logistics service supply chain[J]. *Operations Research and Management*, 2014, 23(2): 107-115.)
- [17] 何美玲, 张锦, 武晓辉. 需求不确定下的物流服务供应链收益共享契约设计[J]. *铁道运输与经济*, 2010, 32(10): 48-52.  
(He M L, Zhang J, Wu X H. Design of logistics service supply chain based on revenue sharing contract under uncertain demand[J]. *Railway Transportation and Economy*, 2010, 32(10): 48-52.)

(责任编辑: 齐 霁)