

基于团队协作的物流服务供应链激励机制研究

何玉秀¹, 朱卫平¹, 高志军², 毛帅杰¹

¹上海工程技术大学航空运输学院(飞行学院), 上海

²上海海事大学交通运输学院, 上海

收稿日期: 2024年8月21日; 录用日期: 2024年11月15日; 发布日期: 2024年11月22日

摘要

在全球贸易恢复增长以及电子商务快速发展的背景下, 物流服务在全球供应链中的关键性日益显现。因此通过组建物流服务团队、激励团队成员既能发挥各自优势又能协同配合, 最终提高供应链整体服务质量, 具有十分重要的意义。本文基于团队理论, 考虑了成员具有互助行为, 构建了由异质团队成员组成的两阶段动态激励机制。研究结论表明: 物流服务提供商服务能力、团队中其他成员的协作能力和团队分成率的提高都对物流服务提供商提高自身服务质量和对团队其他成员的协作有正向激励作用; 个体绩效工资率的提高仅对物流服务提供商提升物流服务努力水平起促进作用, 对物流服务提供商帮助团队其他成员提高服务质量的协作努力水平不起作用; 声誉机制只在博弈第一阶段起激励作用, 在末期博弈不起作用。

关键词

物流服务供应链, 团队协作, 异质, 声誉机制

Research on the Incentive Mechanism of Logistics Service Supply Chain Based on Team Collaboration

Yuxiu He¹, Weiping Zhu¹, Zhijun Gao², Shuaijie Mao¹

¹School of Air Transportation, School of Flying, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

²College of Transport & Communications, Shanghai Maritime University, Shanghai

Received: Aug. 21st, 2024; accepted: Nov. 15th, 2024; published: Nov. 22nd, 2024

Abstract

In the context of the resurgence of global trade and rapid economic development, the significance of logistics service in the global supply chain has become increasingly apparent. Therefore, forming

文章引用: 何玉秀, 朱卫平, 高志军, 毛帅杰. 基于团队协作的物流服务供应链激励机制研究[J]. 电子商务评论, 2024, 13(4): 4335-4346. DOI: 10.12677/ec.2024.1341650

logistics service teams and motivating team members to leverage their individual strengths while co-operating effectively is of great importance for ultimately enhancing the overall service quality of the supply chain. Based on team theory and considering the mutual assistance behavior among members, this paper constructs a two-stage dynamic incentive mechanism composed of heterogeneous team members. The research findings indicate that: Improvements in the service capability of logistics service providers, the collaboration ability of other team members, and the profit-sharing rate within the team all positively incentivize logistics service providers to enhance their own service quality and collaborate with other team members. An increase in individual performance-based pay rates only promotes logistics service providers to improve their efforts in delivering logistics services but does not affect their collaborative efforts to help other team members enhance service quality. The reputation mechanism only serves as an incentive in the first stage of the game and becomes ineffective in the final stage.

Keywords

Logistics Service Supply Chain, Teamwork, Heterogeneous, Reputation Effect

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

随着现代物流服务外包复杂性提高和日益多元化, 众多物流组织根据物流需求相互配合, 从而形成了完整的包含多级供需关系的物流服务体系, 即物流服务供应链(Logistics Service Supply Chain, LSSC) [1]。随之引来了大量学者对其结构组成的研究, 乔伊(K L Choy)把物流服务供应链定义为一个包含物流服务集成商、功能服务商和客户三级结构的链条[2]。崔爱平认为物流服务供应链是从客户需求角度出发并以物流服务集成商为主导, 目的是为了提供物流增值服务的网状链式结构, 其本质上是一条物流服务能力供给链[3]。

然而构建物流服务供应链就是为了整合供应链资源, 发挥优势, 为客户提供满意的物流服务, 越来越多的学者将委托代理理论和激励理论运用于物流服务供应链中, 以此促进物流企业协调发展并提高其收益。代应等从信息不对称角度出发, 分析了物流服务集成商和供应商的最优激励策略和最优选择[4]。朱卫平等建立了双向道德风险下的物流服务供应链激励机制模型[5]。鄢飞考虑功能商具有横向公平偏好, 以此构建了由一个客户、一个集成商和两个同质功能商组成的物流服务供应链双重委托代理模型[6]。但是这些学者大多只考虑了单代理人或者单任务委托代理模型, 实际上物流服务供应链是一个集调货、配送、仓储等诸多功能为一体的服务体系, 一体化的物流服务需要多个物流服务提供商共同努力, 因此在设计物流服务供应链激励机制时需要运用团队理论、多任务或者多代理人委托代理理论相关知识。

目前, 国内已经有一些学者将团队理论运用于物流服务供应链的激励设计之中。张海德等[7]考虑了团队成员“搭便车”行为, 设计了一个运用团队理论构成的 LSSC 利益协同激励机制, 并用实例验证模型的准确性。张建军等[8]考虑由两级物流服务商参与的供应链, 设计了占主导地位的零售商对制造商进行静态激励与动态激励相结合、个体单独激励与团队激励相结合的双层委托代理质量激励模型。

但目前仅有少量文献将团队激励运用于物流服务供应链的激励设计中, 且没考虑成员异质性问题。本文针对 LSSC 的运作实践, 考虑了物流服务提供商的异质性, 他们的产出受到自身努力弹性系数和协作效应因子的影响, 在此基础上, 本文设计了考虑声誉效应的物流服务供应链动态激励机制。

2. 问题描述与假设

LSSC 运作模型包括一个物流服务集成商和多个物流服务提供商，物流服务集成商与客户签订合同并确定物流服务方案之后，再对物流服务提供商进行资源整合和任务分配去实施该方案。由于物流服务提供商们需要完成采购、包装、仓储、运输等多项物流服务功能，所以必须将他们能力的异质性纳入激励机制设计的考量范围。

假设一：根据文献[9]中对团队激励中代理人的假设，基于对激励有效性的考虑，本文将同一类型的物流服务提供商看作是一个物流服务提供商，团队由两类异质的物流服务提供商组成，他们具有不同的产出努力弹性系数、协作努力边际产出率、基本工资、绩效工资率和团队分享率。

假设二：根据 Itoh (1991)提出的内生团队分析研究，将团队协作作为团队的最优选择的结果而不是事先外生条件给定的[10]。因此，物流服务提供商除了在本职工作上付出努力 e_i 外，又对团队其他物流服务提供商实施协作努力 e_{ij} 。

x_{ti} 为物流服务提供商 i 在 t 时期的产出，其表达式如下：

$$x_{ti} = \theta_i + a_i e_{ti} + b_i \tilde{\omega}_{ti} + u_t, i = 1, 2; t = 1, 2 \quad (1)$$

其中，

$$\tilde{\omega}_{ti} = \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{tji} \quad (2)$$

式(1)中， a_i 为物流服务提供商 i 的产出努力弹性系数，表示物流服务提供商 i 工作努力的效率； e_{ti} 表示物流服务提供商 i 在 t 时期工作的努力水平； b_i 为物流服务提供商 i 协作努力的边际产出率，实质上体现了团队成员之间任务的相互依赖性； $\tilde{\omega}_{ti}$ 表示 t 时期物流服务提供商 i 受其他团队成员影响所产生的努力水平； θ_i 表示物流服务提供商的工作能力； u_t 表示不确定因素的影响， θ_i 和 u_t 是相互独立的，且 $u_t \sim N(0, \sigma_u^2)$ ， $\text{cov}(u_1, u_2) = 0$ 。

假设三：动态激励机制设计分为两个阶段，在每一个阶段开始时物流服务集成商都会与物流服务提供商签订新的合约。 t 时期内整个团队的产出函数为：

$$X_t = Q \sum_{i=1}^2 x_{ti} \quad (3)$$

其中， Q 表示协同效应，表示团队的协同程度， $Q=1$ 时表示团队产出仅为个体成员绩效的累加，协同效应不存在；合作能够使团队生产产生 $1+1>2$ 的效果，这种合作产生的协同效应越大，相应的团队运作的价值就越高，但是团队运作存在一个最佳生产规模 n_p ，生产规模适中时， $Q>1$ ；当生产规模过大或者过小时， $0<Q<1$ ，表示团队生产不如个体独立生产[11]。

假设三：时期 t 内物流服务提供商工作的投入成本为

$$C_{ti} = \frac{1}{2} k_i \left(e_{ti}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{tji}^2 \right) \quad (4)$$

其中，物流服务提供商 i 的努力由完成个体任务的努力 e_{ti} 和用于帮助团队其他提供商的协作努力 e_{tji} 组成，实质是完成了多维多任务的努力[12]。 $k_i > 0$ 为边际成本系数。

假设四：假设物流服务集成商是风险中性的，效用函数满足 $V[E(X)] = E[V(X)]$ ， $V' > 0$ ， $V'' = 0$ ；组成团队的物流服务提供商是风险规避的，绝对风险规避度 $\rho_i > 0$ ，效用函数满足 $V[E(X)] > E[V(X)]$ ， $U' > 0$ ， $U'' < 0$ 。

假设五：集成商对团队中物流服务提供商 i 的激励包括：① 固定工资 α_{ti} ；② 个人绩效工资 $\beta_{ti}x_{ti}$ ，并且 $\beta_{ti} > 0$ 表示 t 时期物流服务提供商 i 的绩效工资率；③ 团队利益分成 $\gamma_{ti}X_t$ ，其中， $\gamma_{ti} > 0$ 表示团队分享率。

假设六：物流服务提供商 i 具有讨价还价的能力 f_i 。

3. 模型建立与求解

LSSC 激励机制的设计以一个物流服务集成商为委托人和两类异质物流服务提供商组成的团队为代理人构成的连续两周期的声誉激励机制。

根据假设五，物流服务提供商 i 在时期 t 的综合薪酬可以表示为

$$\omega_{ti} = \alpha_{ti} + \beta_{ti}x_{ti} + \gamma_{ti}X_t, i=1,2; t=1,2 \quad (5)$$

与一般显性激励契约不同，在声誉激励机制中，物流服务提供商的能力是不确定的，由于代理关系只存在两期，所以代理人在第二期即末期不要考虑声誉效应，物流服务集成商可以根据物流服务提供商 i 第 1 期的产出 x_{1i} 来预期其第 2 期的服务能力，并以此来确定 ω_{2i} ；而物流服务提供商可以通过改变努力程度来改变自己的当期绩效，从而影响这种预期，所以物流服务提供商在第 1 期的努力程度不但影响当期的薪酬，同时影响到第 2 期及以后的薪酬。由假设一到五得

$$\text{var}(x_{ti}) = \sigma_{\theta_i}^2 + \sigma_u^2 \quad (6)$$

$$E(\theta_i | x_{1i}) = (1 - \tau_i)E(\theta_i) + \tau_i(x_{1i} - a_i\hat{e}_{1i} - b_i\hat{\omega}_1) = \tau_i(x_{1i} - a_i\hat{e}_{1i} - b_i\hat{\omega}_1) \quad (7)$$

$$\hat{\omega}_1 = \sum_{j=1, j \neq i}^2 \hat{e}_{1ji} \quad (8)$$

$$E(x_{2i} | x_{1i}) = \left(a_i\hat{e}_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 \hat{e}_{2ji} \right) + \tau_i \left(x_{1i} - a_i\hat{e}_{1i} - b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 \hat{e}_{1ji} \right) \quad (9)$$

$$\text{var}(x_{2i} | x_{1i}) = (1 - \tau_i)^2 \sigma_{\theta_i}^2 + (1 + \tau_i^2) \sigma_u^2 \quad (10)$$

$$\tau_i = \frac{\text{var}(\theta_i)}{\text{var}(\theta_i) + \text{var}(u_i)} = \frac{\sigma_{\theta_i}^2}{\sigma_{\theta_i}^2 + \sigma_u^2} \quad (11)$$

其中， $\hat{\omega}_1$ 表示物流服务提供商 i 在时期 t 受其他物流服务提供商影响所产生的积极或消极的努力水平的推测值， $\hat{e}_{ti}$ 表示物流服务集成商对物流服务提供商 i 在时期 t 努力水平的推测值。物流服务集成商根据观测到的 x_{ti} 来修正对物流服务提供商工作能力 θ_i 的判断， τ_i 反映了 x_{ti} 包含的有关 θ_i 的信息， τ_i 越大， x_{ti} 包含的信息量就越多。

若以 μ 表示物流服务提供商的贴现率，且 $\mu > 0$ ，则物流服务集成商、物流服务提供商的效用函数的确定性等价 Z_p 和 Z_i 可以分表表示为

$$Z_p = E(X_1) - E\left(\sum_{i=1}^2 \omega_{1i}\right) + \mu \left[E(X_2) - E\left(\sum_{i=1}^2 \omega_{2i}\right) \right] \quad (12)$$

$$Z_i = E(\omega_{1i}) - C_{1i} + \mu \left[E(\omega_{2i}) - C_{2i} \right] - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{1i} + \omega_{2i}, \mu) \quad (13)$$

在两阶段的激励过程中，物流服务集成商集成商的问题就是选择 α_{ti} ， β_{ti} 和 γ_{ti} 来实现其确定性等价收入 Z_p 最大化，物流服务提供商的问题就是选择 e_{ti} 和 e_{ji} 来实现其收益最大化。综上，物流服务集成商的问题为

$$\max_{\substack{\alpha_{ti}, \beta_{ti}, \gamma_{ti}, e_{ti}, e_{tji} \\ i=1,2; t=1,2}} Z_p = Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{1i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ji} \right) - E \left(\sum_{i=1}^2 \omega_{1i} \right) + \mu \left[Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji} \right) - E \left(\sum_{i=1}^2 \omega_{2i} \right) \right] \quad (14)$$

参与约束(IR):

第 1、2 时期初始, 物流服务提供商 i 从接受合约中得到的期望效用不能小于保留效用 $\bar{u}_{1i}$, 但在第 2 期初始, 其保留效用会受到第 1 期产出 x_{1i} 的影响, 因为产出的提高会增加其在市场上的讨价还价能力, 从而改善其外部选择的机会。因此, 物流服务提供商 i 在两个阶段的参与约束为

$$(IR_1) Z_{1i} = E(\omega_{1i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{1i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ij}^2 \right) + \mu \left[E(\omega_{2i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{1i} + \omega_{2i} \mu) \geq \bar{u}_{1i} \quad (15)$$

$$(IR_2) Z_{2i} = E(\omega_{2i} | x_{1i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{2i} | x_{1i}) \geq \bar{u}_{2i} \quad (16)$$

$$(IR_3) Z_{2i} = m_i + f_i (Z_{2i} + Z_{2p}) \quad (17)$$

式(17)中, m_i 为常数, f_i 表示为物流服务提供商讨价还价的能力, Z_{2i} 和 Z_{2p} 分别为物流服务提供商 i 和物流服务集成商在第 2 期的确定性等价收入, 且

$$Z_{2i} = E[(\omega_{2i} - C_{2i}) | x_{1i}] - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}[(\omega_{2i} - C_{2i}) | x_{1i}] \quad (18)$$

$$Z_{2p} = E \left(X_2 - \sum_{i=1}^2 \omega_{2i} | x_{1i} \right) = Q \sum_{i=1}^2 E(x_{2i} | x_{1i}) - \sum_{i=1}^2 E(\omega_{2i} | x_{1i}) \quad (19)$$

激励相容约束(IC):

激励相容约束体现为物流服务提供商在两个阶段初始时都选择合适的努力水平来使自己的确定性等价收入最大化, 即

$$(IC_1) \max_{e_{1i}, e_{1ij}} Z_i = E(\omega_{1i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{1i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ij}^2 \right) + \mu \left[E(\omega_{2i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{1i} + \omega_{2i} \mu) \quad (20)$$

$$(IC_2) \max_{e_{2i}, e_{2ij}} Z_{2i} = E(\omega_{2i} | x_{1i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{2i} | x_{1i}) \quad (21)$$

由于假设动态激励只分为两个阶段, 在物流服务集成商给定了合约的前提下, 物流服务提供商 i 在第 2 期只需考虑当期的努力水平对自己收入的影响。

综上, 对异质物流服务提供商采取不同激励策略的动态激励模型如下:

$$\begin{aligned} \max_{\substack{\alpha_{ti}, \beta_{ti}, \gamma_{ti}, e_{ti}, e_{tji} \\ i=1,2; t=1,2}} Z_p = & Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{1i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ji} \right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left[k_i \left(e_{1i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ij}^2 \right) \right] \\ & + \mu \left\{ Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji} \right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left[k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] \right\} \\ & - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 [\rho_i \text{var}(\omega_{1i} + \omega_{2i} \mu)] - \sum_{i=1}^2 \bar{u}_{1i} \end{aligned} \quad (22)$$

$$\text{s.t. } \max_{e_{1i}, e_{1ij}} Z_i = E(\omega_{1i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{1i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ij}^2 \right) + \mu \left[E(\omega_{2i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{1i} + \omega_{2i} \mu) \quad (23)$$

$$\max_{e_{2i}, e_{2ij}} Z_{2i} = E(\omega_{2i} | x_{1i}) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{2i} | x_{1i}) \quad (24)$$

$$\max_{\alpha_{2i}, \beta_{2i}, \gamma_{2i}} Z_{2p} = Q \sum_{i=1}^2 E(x_{2i} | x_{1i}) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left[k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 [\rho_i \text{var}(\omega_{2i} | x_{1i})] - \sum_{i=1}^2 \bar{u}_{2i} \quad (25)$$

$$Z_{2i} = m_i + f_i (Z_{2i} + Z_{2p}) \quad (26)$$

在 LSSC 运作实践中, 为了效率起见, 物流服务集成商通常会对所有物流服务提供商采用相同的激励策略, 所以在这里令上述完整模型中的 $\alpha_{ii} = \alpha_i$, $\beta_{ii} = \beta_i$, $\gamma_{ii} = \gamma_i$, 为了计算简便, 令 $\sigma_{\theta_i}^2 = \tau \sigma^2$, $\sigma_u^2 = (1 - \tau) \sigma^2$, 此时, 式(24)化简为

$$Z_{2i} = \alpha_2 + \beta_2 \left(a_i e_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji}^2 \right) + \gamma_2 Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji}^2 \right) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) - \frac{1}{2} \rho_i \left[\sigma^2 (\beta_2^2 + \gamma_2^2 Q^2) (1 - \tau^2) + \gamma_2^2 Q^2 \sigma^2 \right] + (\beta_2 + \gamma_2 Q) E(\theta_i | x_{1i}) \quad (27)$$

易证, Z_{2i} 是关于 e_{2i} 和 e_{2ij} 的严格凹函数, 由一阶条件得物流服务提供商 i 在第 2 期提高服务质量的最优努力水平为

$$\begin{cases} e_{2i}^* = \frac{(\beta_2 + \gamma_2 Q) a_i}{k_i} \\ e_{2ij}^* = \frac{\gamma_2 Q \left(\sum_{i=1}^2 b_i - b_i \right)}{k_i}, \forall j \neq i \end{cases} \quad (28)$$

由(26)得

$$\alpha_2 = M_i + \frac{(f_i Q - \beta_2 - \gamma_2 Q) - \prod_{i=1}^2 f_i (Q - \beta_2 - \gamma_2 Q)}{1 - \prod_{i=1}^2 f_i} E(x_{2i} | x_{1i}) \quad (29)$$

其中,

$$M_i = \frac{b_i - f_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 b_j + \left(f_i Q - \prod_{i=1}^2 f_i Q \right) \sum_{j=1, j \neq i}^2 E(x_{2j} | x_{1j}) - \gamma_2 Q \sum_{j=1, j \neq i}^2 (a_j e_{2j} + b_j e_{2ij}) \left(1 - \prod_{i=1}^2 f_i \right) + \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{2i} | x_{1i}) + \frac{1}{2} \prod_{i=1}^2 f_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 [\rho_j \text{var}(\omega_{2j} | x_{1j})] - \frac{1}{2} f_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 [\rho_i \text{var}(\omega_{2i} | x_{1i})] + \frac{1}{2} k_i (1 - f_i) \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) - \frac{1}{2} f_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 \left[k_j (1 - f_j) \left(e_{2j}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji}^2 \right) \right]}{1 - \prod_{i=1}^2 f_i}$$

式(5)化简得

$$\omega_{2i} = \frac{(f_i Q - \beta_2 - \gamma_2 Q) - \prod_{i=1}^2 f_i (Q - \beta_2 - \gamma_2 Q) \left[E(\theta_i | x_{1i}) + \left(a_i \hat{e}_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 \hat{e}_{2ji} \right) \right] + M_i + \beta_2 x_{2i} + \gamma_2 Q \sum_{i=1}^2 x_{2i}}{1 - \prod_{i=1}^2 f_i} \quad (30)$$

将式(23)化简得

$$\begin{aligned}
 Z_i = & \alpha_1 + \beta_1 \left(a_i e_{1i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ji} \right) + \gamma_1 Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{1i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ji} \right) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{1i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ij}^2 \right) \\
 & + \left\{ M_i + \left[\left(f_i Q - \beta_2 - \gamma_2 Q \right) - \frac{\prod_{i=1}^2 f_i}{1 - \prod_{i=1}^2 f_i} (Q - Q f_i) \right] \left[\left(a_i \hat{e}_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 \hat{e}_{2ji} \right) + E(\theta_i | x_{1i}) \right] \right. \\
 & \left. + \beta_2 E(x_{2i}) + \gamma_2 Q E \left(\sum_{i=1}^2 x_{2i} \right) - \frac{1}{2} k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right\} \mu - \frac{1}{2} \rho_i \text{var}(\omega_{1i} + \omega_{2i} \mu)
 \end{aligned} \quad (31)$$

易证, Z_i 是关于 e_{1i} 和 e_{1ij} 的严格凹函数, 由一阶条件得物流服务提供商 i 在第 1 期提高服务质量得最优努力水平为

$$\begin{cases} e_{1i}^* = \frac{(\beta_1 + \gamma_1 Q) a_i + B_i \tau \mu}{k_i} \\ e_{1ij}^* = \frac{\gamma_1 Q b_j + B_i \tau \mu}{k_i}, \forall j \neq i \end{cases} \quad (32)$$

$$\text{其中, } B_i = \frac{Q \sum_{i=1}^2 f_i - \left(1 + \sum_{i=1}^2 f_i - f_i \right) (\beta_2 + \gamma_2 Q)}{2 + \sum_{i=1}^2 f_i}。$$

式(25)化简为

$$\begin{aligned}
 Z_{2p} = & Q \sum_{i=1}^2 \left[\left(a_i e_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji} \right) + E(\theta_i | x_{1i}) \right] - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left[k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] \\
 & - \sum_{i=1}^2 \bar{u}_{2i} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left\{ \rho_i \left[(\beta_2^2 + \gamma_2^2 Q^2) (1 - \tau^2) \sigma^2 + \gamma_2^2 Q^2 \sigma^2 (1 + \tau) \right] \right\}
 \end{aligned} \quad (33)$$

将式(30)代入式(35), 易证得 Z_{2p} 是关于 β_2 和 γ_2 得凹函数, 由一阶条件得

$$\begin{cases} \beta_2^* = \frac{Q(a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)}{\eta} \left(1 - \frac{\eta \left[k_2(a_1^2 + b_2^2) + k_1(a_2^2 + b_1^2) \right] - (a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)^2}{\eta \left[k_2(a_1^2 + b_2^2) + k_1(a_2^2 + b_1^2) + 2k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2) (1 - \tau^2) \sigma^2 \right] - (a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)^2} \right) \\ \gamma_2^* = \frac{\eta \left[k_2(a_1^2 + b_2^2) + k_1(a_2^2 + b_1^2) \right] - (a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)^2}{\eta \left[k_2(a_1^2 + b_2^2) + k_1(a_2^2 + b_1^2) + 2k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2) (1 - \tau^2) \sigma^2 \right] - (a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)^2} \end{cases} \quad (34)$$

其中,

$$\eta = k_2 a_1^2 + k_1 a_2^2 + k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2) (1 - \tau^2) \sigma^2$$

此时, 式(22)化简为

$$\begin{aligned}
Z_p = & Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{1i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ji} \right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left[k_i \left(e_{1i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{1ij}^2 \right) \right] - \sum_{i=1}^2 \bar{u}_{1i} \\
& + \mu \left\{ Q \sum_{i=1}^2 \left(a_i e_{2i} + b_i \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ji} \right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left[k_i \left(e_{2i}^2 + \sum_{j=1, j \neq i}^2 e_{2ij}^2 \right) \right] \right\} \\
& - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \left\{ \rho_i \left[\beta_1^2 \sigma^2 + \mu^2 \beta_2^2 \sigma^2 (1 - \tau^2) + 2\gamma_1^2 Q^2 \sigma^2 + \mu^2 \gamma_1^2 Q^2 \sigma^2 (2 + \tau - \tau^2) \right. \right. \\
& \left. \left. + 2\mu\tau\sigma^2 (\beta_1 \beta_2 + \beta_2 \gamma_1 Q + \beta_1 \gamma_2 Q + 2\gamma_1 \gamma_2 Q^2) \right] \right\}
\end{aligned} \quad (35)$$

将式(32)代入式(35)可得 Z_p 是关于 β_1 和 γ_1 的凹函数, 由一阶条件得

$$\begin{cases} \beta_1^* = \frac{\frac{(B_2 k_1 b_1 + B_1 k_2 b_2) \tau \mu}{k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2)} + \frac{1}{2} \gamma_2 Q \tau \sigma^2 + 2Q \tau \sigma^4 - \frac{Q(b_1^2 k_1 + b_2^2 k_2)}{2k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2)}}{3\tau \sigma^4 + 2\tau^2 \sigma^8 \frac{k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2)}{a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1}} \\ \gamma_1^* = -\frac{\beta_1}{Q} \left[\frac{k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2) \tau \sigma^4}{a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1} + 1 \right] - \frac{\mu \tau (B_1 k_2 a_1 + B_2 k_1 a_2)}{Q(a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)} - \frac{k_1 k_2 (\rho_1 + \rho_2) (\beta_2 + \gamma_2 Q) \tau \sigma^2}{2Q(a_1^2 k_2 + a_2^2 k_1)} + 1 \end{cases} \quad (36)$$

综上, 最优解由式(28), 式(32), 式(34)和式(36)确定。

4. 模型分析

结论一: 团队协作实现的条件是 $f_i > \frac{\beta_2 + \gamma_2 Q}{2Q - \beta_2 - \gamma_2 Q}$, 此时 $e_{ij} > 0$ 。

证明: 由假设三可知, e_{ij} 实际上代表了物流服务提供商与团队成员相互之间的作用关系, 当 $e_{ij} > 0$ 时, 表明该努力水平是正向努力水平, 此时团队成员之间的合作关系能够实现; 当 $e_{ij} < 0$ 时, 表明该努力水平是负向努力水平, 此时团队成员存在“搭便车”和拆台等不合作行为。由式(28)和式(32)得, 当 $e_{ij} > 0$

时, 需满足物流服务提供商讨价还价能力 $f_i > \frac{\beta_2 + \gamma_2 Q}{2Q - \beta_2 - \gamma_2 Q}$ 才能实现团队合作。

结论二: 随着物流服务提供商产出效率的提高, 其工作的努力水平也会随之提高; 随着团队中其他物流服务提供商 j 协作边际产出率的提高, 物流服务提供商 i 对提高团队其他物流服务提供商的协作努力水平也会随之增大。

证明: 由式(28)和式(32)可得

$$\frac{\partial e_{ti}^*}{\partial a_i} = \frac{\beta_{ti} + \gamma_{ti} Q}{k_i} > 0$$

上式表明物流服务提供商工作效率提高时, 其工作的努力水平也会提高, 且物流服务提供商产出效率对其工作的努力水平的激励作用大小还取决于绩效工资率 β_{ti} 、团队分成率 γ_{ti} 、协同效用 Q 和边际成本系数 k_i 。说明工作效率高的物流服务提供商, 就会越努力, 更愿意干好自己的本职工作。

$$\frac{\partial e_{tij}^*}{\partial \sum_{j=1, j \neq i}^2 b_j} = \frac{\gamma_i Q}{k_i} > 0$$

上式表明物流服务提供商帮助团队其他物流服务提供商提高服务质量的协作努力水平随着团队中其他物流服务提供商 j 的协作能力的提高而提高, 且团队中其他物流服务提供商 j 协作能力对物流服务提供商 i 帮助提高团队其他物流服务提供商服务质量的协作努力水平的激励作用大小还取决于团队分成率 γ_{ti} 、协同效用 Q 和边际成本系数 k_i 。说明在物流服务供应链中的物流服务提供商组成的团队中, 团队成员的协作能力越强, 表示这个团队的凝聚力就越强, 合作水平就越高, 则这些成员就更愿意去帮助其他成员提高服务质量。

在上述证明中, $\gamma_i Q$ 为团队成员进行协作而增加的团队产出而增加的团队分成, 表示团队协作的正效应。

结论三: 物流服务提供商工作的努力程度和帮助团队其他物流服务提供商的协作努力水平都随着团队分成率的提高而提高。个人绩效工资率的提高仅对物流服务提供商完成个人任务的努力水平起促进作用, 对物流服务提供商帮助团队其他物流服务提供商完成团队任务的协作努力水平不起作用。

证明: (28)和式(32)可得

$$\frac{\partial e_{ti}^*}{\partial \gamma_i} = \frac{Q a_i}{k_i} > 0, \quad \frac{\partial e_{ij}^*}{\partial \gamma_i} = \frac{Q \left(\sum_{i=1}^2 b_i - b_i \right)}{k_i} > 0, \quad t=1,2$$

上式说明团队分成率的提高, 会促使物流服务提供商提高其提高服务质量的努力水平和帮助团队其他物流服务提供商提高服务质量的协作努力水平。此外, 可以看出团队协作努力水平还与协同效应 Q 和边际协作成本系数 k_i 有关, 表明团队生产的协同效应越大, 协作的边际成本越低, 就越能激发团队成员协作, 团队分成对团队绩效的激励效果就越强。团队绩效是整个团队的共同产出, 团队分成率的提高意味着在团队绩效不变的情况下, 团队中每个物流服务提供商得到的来自团队分成的绩效会增加, 此时, 团队成员的利益就更加趋于一致, 物流服务提供商就会选择努力提高自己的服务质量和帮助其他团队成员来提高整个团队的产出来获取更多分成, 同时团队的协作程度就会更高。

$$\frac{\partial e_{ti}^*}{\partial \beta_i} = \frac{a_i}{k_i} > 0, \quad \frac{\partial e_{ij}^*}{\partial \beta_i} = 0, \quad t=1,2$$

上式表明, e_{ti} 是关于 β_i 的增函数, 而 β_i 的增减则对 e_{ij} 无影响, 即绩效工资率的提高会使物流服务提供商提高服务质量的努力水平提高, 而对该物流服务提供商帮助团队其他物流服务提供商提高服务质量的协作努力水平没有激励作用。说明绩效工资率只影响物流服务提供商自己的本职工作, 而对团队协作没有影响, 因为大多数的代理人都是利己者, 同样条件下他们更关心自身的发展。

此外, 由式(5)可知, 物流服务提供商的薪酬不但包括绩效和团队的分成, 还包括基本工资, 但是在式(28)和(32)求出的物流服务提供商最优努力水平可以看出, 最优的 e_{ti} 和 e_{ij} 都与 α_{ti} , 即基本工资无关, 这表明基本工资对物流服务提供商提高自身服务质量的努力水平和提高与其他团队物流服务提供商的协作水平没有激励作用。这是因为基本工资只是对物流服务提供商工作的基本保障, 是对物流服务提供商的岗位价值和能力的货币化评估, 并不会促使其更加努力的工作和加强团队协作。

结论四: 声誉机制只对第 1 期物流服务提供商选择努力水平起激励作用, 而因为第 2 期是整个博弈的末期, 所以在末期团队不受声誉机制的激励影响。

证明: 由式(32)可以看出, 物流服务提供商在第 1 期用于提高自身和帮助团队其他成员的努力水平除了与绩效工资率 β_{ti} 和团队分成率 γ_{ti} 有关, 还取决于

$$B_i \tau \mu = \frac{\left[Q \sum_{i=1}^2 f_i - \left(1 + \sum_{i=1}^2 f_i - f_i \right) (\beta_2 + \gamma_2 Q) \right] \tau \mu}{2 + \sum_{i=1}^2 f_i}$$

其中, τ 为修正系数, 反映了物流服务提供商产出中包含的有关物流服务提供商提高服务质量能力的信息, 物流服务提供商能力的不确定性越大, τ 就越大。而 τ 越大, 声誉效应就越强, 且由式(1.32)可以看出修正系数 τ 与物流服务提供商的努力水平成正比, 说明声誉效应对第 1 期物流服务提供商提高努力水平起激励作用。同时还可以看出贴现因子 μ 也与物流服务提供商的努力水平成正比, 贴现率越大, 物流服务提供商越努力。

5. 算例分析

本文的数据参考文献[13]。在此基础上, 本文在分析物流服务提供商的产出努力弹性系数 a_1 中, 设置的参考数值如下:

$b_1 = b_2 = 0.3$, $a_2 = 1.5$, $k_1 = 1.5$, $k_2 = 2$, $\rho_1 = \rho_2 = 1$, $Q = 2.5$, $\sigma = \sqrt{50}$, $\tau = 0.5$, $\mu = 0.5$, $f_1 = f_2 = 0.2$, 仿真结果见图 1:

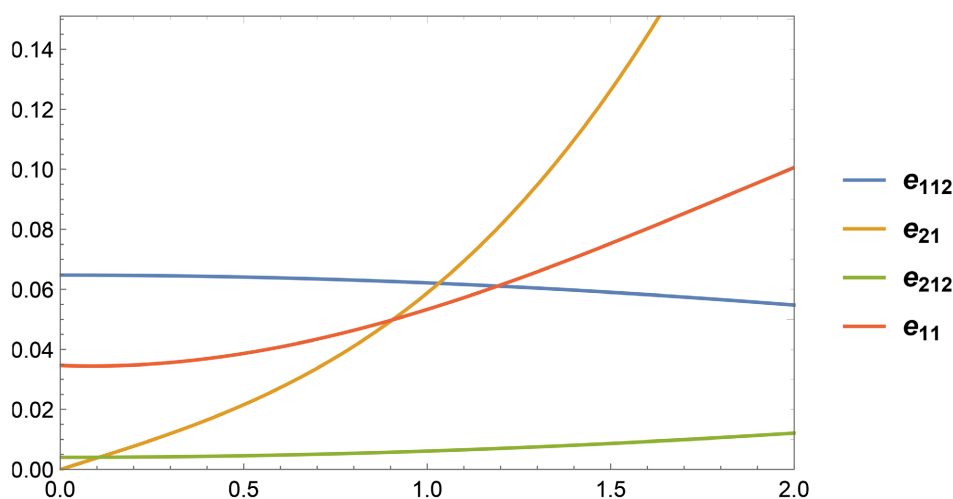


Figure 1. The impact of the output effort elasticity coefficient a_1

图 1. 产出努力弹性系数 a_1 的影响

图 1 中, 横坐标为产出努力弹性系数 a_1 , 纵坐标为物流服务提供商的努力水平, 从图中可以看出, 随着物流服务提供商产出效率的提高, 其工作努力程度显著提高, 这与结论二中随着物流服务提供商产出效率的提高, 其工作的努力水平也会随之提高的结论相一致, 这表明物流服务提供商自身的能力越强, 就会越努力地提高服务质量。但是对其进行团队协作影响不大, 甚至还会降低其在第一期的协作努力水平, 与其对自身工作努力程度相比, 很明显物流服务提供商更愿意在自己的工作上付出更多努力。因此, 在组建物流服务团队的时候, 不能只考虑物流服务提供商自身的工作能力, 还要兼顾其是否具有一定的协作能力并适当增加激励强度以促进团队协作。

本文在分析物流服务提供商 1 的协作能力的边际产出率 b_1 设置的参考数值如下:

$a_1 = a_2 = 1.5$, $b_2 = 0.3$, $k_1 = 1.5$, $k_2 = 2$, $\rho_1 = \rho_2 = 1$, $Q = 2.5$, $\sigma = \sqrt{50}$, $\tau = 0.5$, $\mu = 0.5$, $f_1 = f_2 = 0.2$, 仿真结果见图 2。

图 2 中, 横坐标为协作能力的边际产出率 b_1 , 纵坐标为物流服务提供商努力水平, 从图中可以看出随着协作能力的提高, 在第一期时物流服务提供商的工作努力水平和协作努力水平都得到了提高, 这与结论二中物流服务提供商帮助团队其他物流服务提供商提高服务质量的协作努力水平随着团队中其他物流服务提供商 j 的协作能力的提高而提高的结论相一致, 但是在第二期时, 物流服务提供商对自身工作

的努力程度反而有些下降,这表明随着时间的推进,协作能力高的物流服务提供商会更加努力的协助其他成员而对自身的工作有所懈怠。因此,组建物流服务团队时,协作能力只是一个重要的选择标准,但是并不能只关注这一条件,还必须关注物流服务提供商自身的工作能力以及适应能力等其他条件。在契约设计方面,物流服务集成商在第二阶段的契约设计时,应考虑到物流服务提供商顾此失彼的现象,及时修改激励契约以达到收益最大化。

本文在分析物流服务提供商 1 的讨价还价能力 f_1 设置的参考数值如下:

$a_1 = a_2 = 1.5$, $b_2 = 0.3$, $k_1 = 1.5$, $k_2 = 2$, $\rho_1 = \rho_2 = 1$, $Q = 2.5$, $\sigma = \sqrt{50}$, $\tau = 0.5$, $\mu = 0.5$, $f_2 = 0.2$, 仿真结果见图 3:

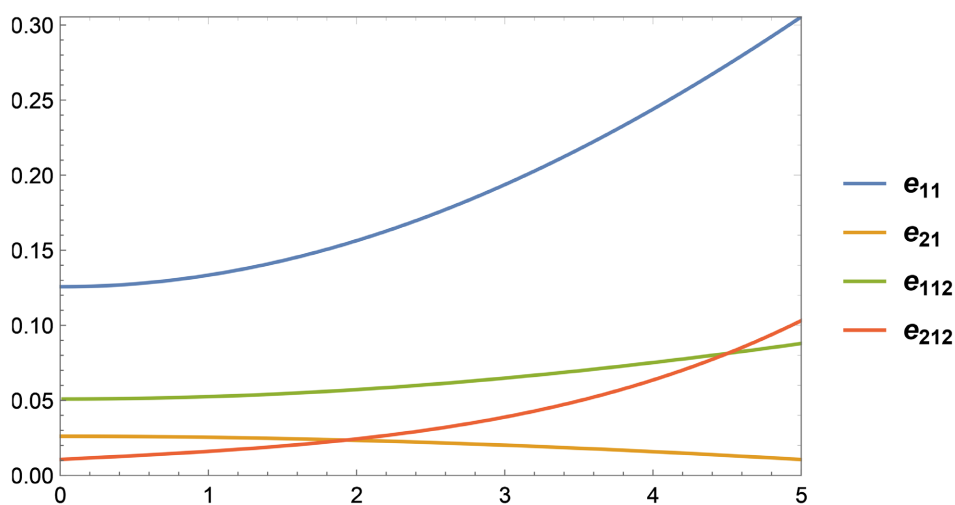


Figure 2. The impact of the marginal output rate b_1 of collaborative ability

图 2. 协作能力的边际产出率 b_1 的影响

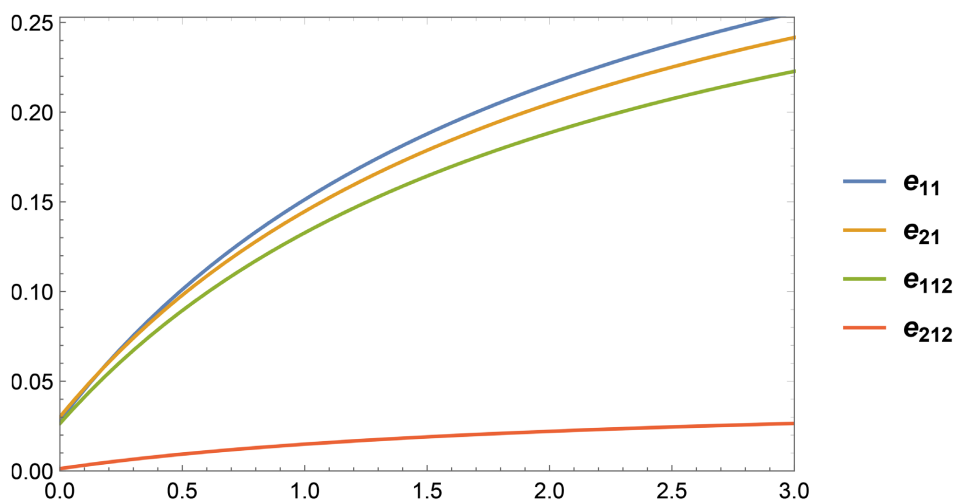


Figure 3. The impact of the bargaining power f_1 of logistics service provider 1 on its effort level

图 3. 物流服务提供商 1 的讨价还价能力 f_1 对其努力水平的影响

图 3 中横坐标为物流服务提供商 1 的讨价还价能力,纵坐标为物流服务提供商 1 的努力水平,图 3 表明随着物流服务提供商讨价还价能力的提高其第一阶段工作的努力程度和协作努力程度也会随之提高,通

过数值可以看出讨价还价能力对这两种努力水平的影响差距并不大。在现实中, 讨价还价能力高的物流服务提供商提供的物流服务水平也很高, 但相应地, 对于物流服务集成商来说, 给予该类物流服务提供商的报酬也要很高。此外, 在第二期时物流服务提供商的协作努力水平的增幅变小, 这说明, 讨价还价能力越高的物流服务提供商虽然会更乐意协作团队其他成员, 但是随着时间的增加, 协作意愿会逐渐降低。在结论一中分析到物流服务提供商的讨价还价能力需达到一定条件才能实现团队合作, 因此物流服务集成商既不能不考虑成本只选择物流服务能力高的提供商, 也不能一味追求低成本选择物流服务能力不足的提供商。

6. 结语

本文建立了由一个物流服务集成商和两类异质物流服务提供商作为合作团队的物流服务供应链, 考虑了异质物流服务提供商具有不同的产出努力弹性系数、协作努力边际产出率、基本工资、绩效工资率和团队分享率并假设他们具有协作行为, 设计了一个两阶段动态声誉激励机制。研究得出的主要结论有: 实现团队协作需要物流服务提供商具有一定的讨价还价能力; 单一个体绩效只能激励物流服务提供商完成个体任务, 对团队协作不起激励作用; 团队分成率越高, 物流服务提供商就越努力工作; 物流服务提供商能力越强, 越努力工作; 团队成员任务依赖性越强, 协作努力水平就越高。本研究有助于物流服务集成商选择能力合适的物流服务提供商组建高质量的物流服务团队, 实现团队协作, 为客户提供更高质量的物流服务。LSSC 需要优先选择优质上游物流服务提供商作为合作伙伴, 逐步建立完善高质量的物流服务体系。

本文可以从以下几个方面拓展: (1) 考虑同质物流服务提供商的激励设计, 并与异质物流服务提供商的激励进行比较; (2) 不同的物流服务团队的物流服务水平可能有高有低, 对于物流服务水平差距过大的物流服务团队进行激励时就需要使用不同的激励水平, 因此还可以考虑不同激励系数的团队激励机制设计; (3) 企业实际经营为降成本提收益, 在现在物流服务企业众多的情况下, 物流服务集成商可以在团队激励的基础上再增加奖惩相结合的契约设计, 提高物流服务企业竞争力, 创造更多利益。

基金项目

国家社科基金: 第三方物流嵌入全球供应链的动因、作用与协同管理机制研究(15CJY057)。

参考文献

- [1] 刘伟华. 物流服务供应链能力合作的协调研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [2] 乔伊, 李春林. 物流服务供应链中的不确定性管理[J]. 国际风险评估与管理杂志, 2007(1): 19-25.
- [3] 崔爱平, 刘伟. 基于能力分工与合作的 LSSC 协调[J]. 上海海事大学学报, 2008, 29(2): 43-47.
- [4] 代应, 宋寒, 林传立. 基于委托代理的物流服务供应链激励机制研究[J]. 物流技术, 2013, 32(13): 363-365.
- [5] 朱卫平, 刘伟, 高志军. 双向道德风险下的物流服务供应链委托代理分析[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2012(5): 105-112.
- [6] 鄢飞. 横向公平偏好对物流服务供应链协同运作的影响[J]. 公路交通科技, 2017, 34(4): 139-145.
- [7] 张德海, 王美英. 物流服务供应链协同理论与实践研究[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2011.
- [8] 张建军, 赵启兰. 两级物流服务商参与的供应链质量激励机制研究[J]. 商业经济与管理, 2020(5): 5-21.
- [9] 孙世敏, 董宇恒, 王艳梅, 等. 基于价值创造的研发团队激励机制[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2014, 35(9): 1364-1368.
- [10] Itoh, H. (1991) Incentives to Help in Multi-Agent Situations. *Econometrica*, 59, 611-636.
<https://doi.org/10.2307/2938221>
- [11] 卢安文, 荆文君. 考虑客户对服务质量评价的物流服务供应链激励机制研究[J]. 商业研究, 2015(1): 166-174.
- [12] 魏光兴, 余乐安, 汪寿阳, 等. 基于协同效应的团队合作激励因素研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(1): 1-9.
- [13] 段永瑞. 高顾客接触型服务业服务质量改进与团队员工激励[M]. 上海: 同济大学出版社, 2013.