

基于三维变量的物流外包合作博弈分析*

张旭辉

(攀枝花学院, 经济与管理学院, 四川攀枝花 617000)

摘要:第三方物流服务需求方与提供商之间的合作对提高整个物流外包的绩效十分重要,但在物流外包过程中,第三方物流服务提供商的资产能力、管理水平与努力水平三因素均为非对称信息。在此基础上,建立第三方物流服务需求方与提供商之间的合作博弈模型,利用委托—代理理论和最大值原理求解得出博弈双方的合作策略;在代理人为风险中性的假设下,进一步分析物流外包方的风险成本、激励成本和总代理成本。结果表明:物流服务提供商的资产能力、管理能力以及努力水平,在物流外包中起到关键的作用。

关键词:物流外包;非对称信息;合作博弈;成本

中图分类号:C931 文献标志码:A 文章编号:1006—7329(2007)06—0132—04

Cooperative Game Analysis of Logistics Outsourcing Based on Three-Dimensional Variables

ZHANG Xu-hui

(School of Economics & Management, Panzhihua University, Panzhihua 617000, China)

Abstract: Cooperation between third party logistics service buyers and suppliers contributes significantly to overall improvement in logistics outsourcing. In the logistics outsourcing process, however, all knowledge about asset ability, management and seller efforts is asymmetrical. For this research, a cooperative game model was established between third party logistics buyers and suppliers. The principal-agency and maximum value principle were used to decide the cooperative strategies in the game. Furthermore, assuming that the seller is risk-neutral, the risk cost, incentive cost and total agency cost were analyzed. The research indicates that assets ability, management and supplier efforts are critical in the logistics outsourcing process.

Keywords: logistics outsourcing; asymmetric information; cooperative game

物流外包(第三方物流, third-party logistics, TPL)是指物流需求企业不再内部运作物流,而将物流业务交给第三方物流企业以整合和利用外部资源降低风险和成本、强化核心能力并提高企业的应变能力。为适应市场竞争、提高客户服务满意度,强化企业的敏捷性和核心竞争能力,美国、英国、日本等发达国家纷纷将物流业务外包,企业的物流外包业务量占70%之多,物流外包日益成为企业物流运作模式的发展趋势。

现实经济生活中存在着委托和代理这样一种非纯粹的经济关系。在非对称信息条件下,物流外包方如何选择、约束和激励提供商,进而获得高性价比的物流

服务^[1],从而降低生产成本,提高企业竞争力,已成为物流外包时必须考虑的问题,同时也是学术界研究的热点。肯尼思·阿罗(JRROW K, 1972)指出任何决策都面临着大量的不确定性,抉择策略与行为后果并不存在一一对应关系;乔治·斯蒂格利茨(STIGLER G J)、威廉·维克理(VICKREY W)和詹姆斯·米尔利斯(MIRRELES J A)等人从现实的制度安排和经济实践中发现,不仅行为者的信息是不充分的,而且信息的分布是不均匀、不对策的;黄小原,卢震将生产者作为委托人,库存者作为代理人,研究了信息不对称条件下供应链中的生产库存问题^[2];WEI S L 研究了物流

* 收稿日期:2007-05-20

作者简介:张旭辉(1968-),男,副教授,西南交大博士研究生,主要从事物流与供应链研究。

外包方在物流外包过程中的最优契约设计问题;马新安等研究了通过激励伙伴信息共享活动,提高供应链绩效的问题^[3];GHODSYPOUR S H考虑价格、服务质量和服务商能力约束等因素,给出了一个物流服务提供商选择的混合整数规划模型。

本文在物流外包方对物流服务提供商的资产能力、管理能力和努力水平三因素都不能观测的条件下,建立双方合作博弈模型,利用最大值原理和委托—代理理论分析双方合作策略。

1 博弈模型假设

假定 $a = (x, y, z)^T \in A$ 是一个三维变量,代表物流服务提供商的一个特定行动。其中, x 表示物流服务提供商提供物流资产的能力, x 越大,表示提供商在设施规模的投入越多,运作能力越强; y 表示物流服务提供商的管理水平, y 越大,表示其管理水平越高,运作能力越强; z 表示物流服务提供商的努力水平, z 越大,表示其努力水平越高。假定产出函数取线性形式: $\pi = (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)a + t + \theta$ 。其中, $\theta \sim N(0, \sigma^2)$ 代表外生的不确定性因素, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 > 0$ 分别为 x, y, z 的产出系数, $t \in R$, π 的密度函数为 $f(\pi, a)$ 。考虑线性外包合同: $s(\pi) = \alpha + \beta\pi$, 其中 α 是物流服务提供商的固定收入, β 是提供商分享的产出份额,即产出 π 每增加一个单位,提供商的报酬增加 β 单位。假定最终总收益 $\pi(\alpha, \theta)$ 为唯一的可观测变量(可以理解为企业由于物流外包而节省的物流费用),物流外包方和提供商都是风险规避的,风险规避量分别为 ρ_1, ρ_2 。用 $v = 1 - e^{-\rho_1 m_1}$ 拟合物流外包方的效用曲线;用 $u = 1 - e^{-\rho_2 m_2}$ 拟合提供商的效用曲线^[4]。为简化起见,假定提供商的运营成本为 $c(x, y, z) = (k_1 x^2 + k_2 y^2 + k_3 z^2)/3$, 这里 $k_1, k_2, k_3 > 0$ 为成本系数。 v, u 分别为物流外包方与物流服务提供商的实际货币收入。

2 博弈模型建立

物流外包方的问题是确定激励合同 $s(\pi(a, \theta))$ 诱导物流服务提供商选择行动 a^* 从而最大化效用 v 。它包括两个约束条件:一是参与约束(IR),即物流服务提供商接受合同时能得到的期望效用不能小于不接受合同时所能得到的最大期望效用,亦即代理人的保留效用 u ; 另一是激励相容约束(IC),提供商选择 $a^* = (x^*, y^*, z^*)^T \in A$ 时的期望效用不小于选择其它任何行动 $a' = (x', y', z')^T \in A$ 时获得的期望效用^{[5][6]}。因此,根据 Mirrlees (1974) 和 Holmstrom (1979) 提出的“分布函数的参数化方法”构造委托代理模型^{[5][7]}如下:

$$\begin{aligned} & \max_{(x, y, z)} \int v((\pi - s(\pi)) f(\pi, a) d\pi \\ & \text{S. t(IR):} \int u(s(\pi)) f(\pi, a) d\pi - c(a) \geq \bar{u} \\ & \text{(IC)} \int u(s(\pi)) f(\pi, a) d\pi - c(a) \geq \\ & \int u(s(\pi)) f(\pi, a') d\pi - c(a'), a' \in A \end{aligned}$$

3 模型求解

物流外包方的实际货币收入为

$$v = \pi - s(\pi) = -\alpha + (1 - \beta)(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t + \theta) \quad (1)$$

外包方的客观风险成本(risk cost)为

$$RC_1 = \rho_1 (1 - \beta)^2 \sigma^2 / 2 \quad (2)$$

则外包方的确定性等价收入(certainty equivalence)为式 Ev —式(2), 即

$$\begin{aligned} Ev - \rho_1 (1 - \beta)^2 \sigma^2 / 2 = & -\alpha + (1 - \beta)(\lambda_1 x + \lambda_2 y \\ & + \lambda_3 z + t) - \rho_1 (1 - \beta)^2 \sigma^2 / 2 \end{aligned} \quad (3)$$

物流服务提供商的实际货币收入为

$$u = \alpha + \beta(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t + \theta) - (k_1 x^2 + k_2 y^2 + k_3 z^2) / 3 \quad (4)$$

提供商的客观风险成本为

$$RC_2 = \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 \quad (5)$$

则其确定性等价收入为 Eu —式(5), 即

$$\begin{aligned} Eu - \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 = & \alpha + \beta(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t + \theta) - \\ & (k_1 x^2 + k_2 y^2 + k_3 z^2) / 3 - \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 \end{aligned} \quad (6)$$

令 \bar{u} 为物流服务提供商的保留收入水平,那么提供商的参与约束为

$$Eu - \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 \geq \bar{u} \quad (7)$$

在最优情况下,参与约束(IR)为紧约束,即式(7)的等式成立,因为物流外包方没有必要支付物流服务提供商更多的报酬。考虑物流服务提供商的相容约束(IC),上述最优化问题可以重新表述如下(即使物流服务提供商的实际货币收入与其客观风险成本之差最大):

$$\begin{aligned} & \max_{(x, y, z)} \alpha + \beta(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t + \theta) - \\ & (k_1 x^2 + k_2 y^2 + k_3 z^2) / 3 - \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 \end{aligned} \quad (8)$$

最优化的一阶条件意味着式(8)对 x, y, z 求偏导均为0, 即

$$x = 3\lambda_1 \beta / 2 k_1, y = 3\lambda_2 \beta / 2 k_2, z = 3\lambda_3 \beta / 2 k_3$$

此时,物流外包方的问题是选择 (α, β) 解下列最优化问题:

$$\max_{(\alpha, \beta)} -\alpha + (1 - \beta)(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t) - \rho_1(1 - \beta)^2 \sigma^2 / 2 \tag{9}$$

$$\text{s. t. (IR)} \alpha + \beta(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t) - (k_1 x^2 + k_2 y^2 + k_3 z^2) / 3 - \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 = \bar{u} \tag{10}$$

$$\text{(IC)} x = 3\lambda_1 \beta / 2 k_1 \tag{11}$$

$$y = 3\lambda_2 \beta / 2 k_2 \tag{12}$$

$$z = 3\lambda_3 \beta / 2 k_3 \tag{13}$$

根据最优理论, 利用一阶条件可解得

$$\beta^* = \frac{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \rho_1 \sigma^2)}{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)} \tag{14}$$

$$\alpha^* = \bar{u} - \frac{3}{4} \beta^{*2} \frac{k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2}{k_1 k_2 k_3} + \beta^{*2} \frac{k_1 k_2 k_3 \rho_2 \sigma^2}{2 k_1 k_2 k_3} - \beta t \tag{15}$$

$$x^* = 3\lambda_1 (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \rho_1 \sigma^2) / 2k_1 [(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)] \tag{16}$$

$$y^* = 3\lambda_2 (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \rho_1 \sigma^2) / 2k_2 [(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)] \tag{17}$$

$$z^* = 3\lambda_3 (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \rho_1 \sigma^2) / 2k_3 [(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)] \tag{18}$$

4 外包成本分析

当物流外包方不能观测物流服务提供商的运作能力和努力水平时, 存在两类在对称信息下不存在的代

$$\Delta RC = \rho_1(1 - \beta^*)^2 \sigma^2 / 2 + \rho_2 \beta^{*2} \sigma^2 / 2$$

$$= \frac{\rho_2 \sigma^2 \{ (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2 + k_1 k_2 k_3 \rho_1 \sigma^2)^2 + \rho_1 [\frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \rho_2 \sigma^2]^2 \}}{2 [(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)]^2} \tag{19}$$

由于当代理人是风险中性时, 尽管在非对称信息条件下努力不可观察到, 但最优的努力仍然可以被实施。因此, 为求激励成本, 可假定代理人为风险中性, 即 $\rho_2 = 0$, 此时可以达到帕累托最优风险分担和最优激励, 则由式(16)、(17)、(18)得

$$x^{**} = 3\lambda_1 / 2k_1 \tag{20}$$

$$y^{**} = 3\lambda_2 / 2k_2 \tag{21}$$

$$\max_{(\alpha, \beta)} -\alpha + (1 - \beta)(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t) - \rho_1(1 - \beta)^2 \sigma^2 / 2 \tag{23}$$

$$\text{s. t. (IR)} \alpha + \beta(\lambda_1 x + \lambda_2 y + \lambda_3 z + t) - (k_1 x^2 + k_2 y^2 + k_3 z^2) / 3 - \rho_2 \beta^2 \sigma^2 / 2 \geq \bar{u} \tag{24}$$

同理, 利用一阶条件可解得

$$\beta^{**} = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \tag{25}$$

$$\alpha^{**} = \bar{u} + \frac{\rho_2 \rho_1 \sigma^2}{2(\rho_1 + \rho_2)^2} + \frac{3k_2 k_3 \lambda_1^2 + 3k_1 k_3 \lambda_2^2 + 3k_1 k_2 \lambda_3^2}{4k_1 k_2 k_3} - \frac{\rho_1 (3k_2 k_3 \lambda_1^2 + 3k_1 k_3 \lambda_2^2 + 3k_1 k_2 \lambda_3^2) + 2k_1 k_2 k_3 t}{2k_1 k_2 k_3 (\rho_1 + \rho_2)} \tag{26}$$

所以, 物流外包方期望收益的净损失为:

$$\begin{aligned} \Delta E(\pi) &= (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)(a^{**} - a^*) = \lambda_1(x^{**} - x^*) + \lambda_2(y^{**} - y^*) + \lambda_3(z^{**} - z^*) \\ &= \frac{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) \sigma^2 \rho_2}{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)} \end{aligned} \tag{27}$$

物流服务提供商努力成本节约为

$$\Delta c(a) = c(a^{**}) - c(a^*) = c(x^{**}, y^{**}, z^{**}) - c(x^*, y^*, z^*)$$

理成本: 一是帕累托最优风险分担无法达到而出现的风险成本; 二是由较低的水平导致的期望产出的净损失减去努力成本的节约, 即激励成本。

物流外包方的风险成本为式(2)+式(5), 即

$$z^{**} = 3\lambda_3 / 2k_3 \tag{22}$$

对称信息情况下的激励合同可以建立在行动上, 从而激励相容约束是多余的, 则此时物流外包方的优化问题为(即使物流外包方的实际货币收入与其客观风险成本之差最大):

$$= \frac{k_1 k_2 k_3 \sigma^2 \rho_2 (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) (2k_2 k_3 \lambda_1^2 + 2k_1 k_3 \lambda_2^2 + 2k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 \rho_1)}{2[(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)]^2} \quad (28)$$

则激励成本为式(27)—式(28),即

$$\Delta E(\pi) - \Delta c(a) = \frac{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) \sigma^2 \rho_2}{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)} - \frac{k_1 k_2 k_3 \sigma^2 \rho_2 (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) (2k_2 k_3 \lambda_1^2 + 2k_1 k_3 \lambda_2^2 + 2k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 \rho_1)}{2[(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)]^2} \quad (29)$$

总代理成本为

$$AC = \Delta RC + (\Delta E(\pi) - \Delta c(a)) = \frac{\rho_2 \sigma^2 \{ (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2 + k_1 k_2 k_3 \rho_1 \sigma^2)^2 + \rho_1 [\frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \rho_2 \sigma^2]^2 \}}{2[(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)]^2} + \frac{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) \sigma^2 \rho_2}{(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)} - \frac{k_1 k_2 k_3 \sigma^2 \rho_2 (k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) (2k_2 k_3 \lambda_1^2 + 2k_1 k_3 \lambda_2^2 + 2k_1 k_2 \lambda_3^2 + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 \rho_1)}{2[(k_2 k_3 \lambda_1^2 + k_1 k_3 \lambda_2^2 + k_1 k_2 \lambda_3^2) + \frac{2}{3} k_1 k_2 k_3 \sigma^2 (\rho_1 + \rho_2)]^2} \quad (30)$$

5 结 语

本文给出了基于三维变量的物流外包在非对称信息条件下的合作博弈策略分别为 (α^*, β^*) 与 (x^*, y^*, z^*) ,并分析了物流外包方的风险成本 ΔRC 、激励成本 $\Delta E(\pi) - \Delta c(x, y)$ 和总代理成本 AC ,从而得出物流外包方实施非对称信息条件下外包策略 (α^*, β^*) 时的成本与对称信息条件下的成本相比更高。物流服务提供商在非对称信息条件下的合作策略 (x^*, y^*, z^*) 要求其自身必须具有一定的资产能力、管理能力,并保持相应的努力水平,才能获得最大效益。这个条件能有效地保证高水平的物流服务商获得较大的市场份额,杜绝低水平物流服务上的进入,从而提高整个物流服务商的设施的投入,管理水平的提高。

参考文献:

- [1] LIEB R C, RANDALL H L. A Comparison of the Use of Third Party Logistics Services by Large American Manufacturers [J]. Journal of Business Logistics, 1996, 17(1):305-320.
- [2] 黄小原,卢震.非对称信息条件下供应链的生产策略[J].中国管理科学,2002,10(2):35-40.
HUANG Xiao-yuan, LU Zhen. Production Strategy in Supply Chain Under Asymmetric Information[J]. Chinese Journal of Management Science, 2002, 10 (2):35-40.
- [3] 马新安,张列平,田澎.供应链中的信息共享激励:动态模

型[J].中国管理科学,2001,9(2):19-24.

- MA Xin-an, ZHANG Lie-ping, TIAN Peng. Information Sharing Incentive in Supply Chain-A Dynamic Model[J]. Chinese Journal of Management Science, 2001, 9 (2): 19-24.
- [4] 刘志学,许泽勇.基于非对称信息理论的第三方物流合作博弈分析[J].中国管理科学,2003,11(5):85-88.
LIU Zhi-xue, XU Ze-yong. TPL Cooperative Game Analysis Based on the Asymmetric Information Theory I [J]. Chinese Journal of Management Science, 2003, 11 (5):85-88.
- [5] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海人民出版社出版,1996.
ZHANG Wei-ying. Game Theory and Information Economics [M]. Shanghai: Shanghai Renmin Press, 1996.
- [6] 施锡铨.博弈论[M],上海:上海财经大学出版社,2000.
SHI XI-quan. Game Theory [M]. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics Press, 2000.
- [7] 徐玖平,陈书建.不对称信息下风险投资的委托研究代理模型[J].系统工程理论与实践,2004,24(1):19-24.
XU Jiu-ping, CHEN Shu-jian. The Study of Venture Capital's Principal-agent Model Based on Asymmetric Information I [J]. Systems Engineering-theory & Practice, 2004, 24(1):19-24.
- [8] Meyer M, Viekers J. Performance Comparisons and Dynamic Incentives[J]. Journal of Politic Economy,1997, 105(3):547-581

(编辑 陈蓉)