

文章编号:1000-582X(2005)05-0139-04

# 基于二层决策的第三方物流分包合同设计\*

田宇<sup>1,2</sup>, 杨秀苔<sup>1</sup>, 熊中楷<sup>1</sup>

(1. 重庆大学工商管理学院 博士后流动站, 重庆 400030; 2. 广州中山大学管理学院, 广东 广州 510275)

**摘要:**针对第三方物流提供者如何设计有效的激励机制既避免分包商的败德行为, 又促使分包商不断提升服务绩效直至第三方物流的整体绩效最佳的问题。通过引入二层规划的研究方法, 假定分包合同决策变量为外生变量的前提下, 构建合同双方博弈的 Nash 均衡模型; 进一步在 Nash 均衡的约束下, 分析决策变量为内生变量时的最优解, 从而把目前局限于委托代理层面的分包合同关系研究推进到了委托代理与合同整体绩效最优决策相结合的层面。

**关键词:**第三方物流提供者; 二层规划; 分包商; 合同

**中图分类号:**F272

**文献标识码:**A

近年来, 第三方物流研究的发展趋势是从最初仅仅只探讨物流服务需求方和第三方物流提供者之间的界面管理, 逐渐延伸到第三方物流提供者内部的管理问题方面。其中, 第三方物流提供者如何整合、调度社会资源即分包商管理, 是一大前沿研究课题: 1993年, Muller 率先探讨第三方物流提供者的成因和特征后<sup>[1]</sup>, Africa 关注到了第三方物流提供者整合社会资源的问题<sup>[2]</sup>, 至于如何整合社会资源、调度社会资源, 郝聚民从第三方物流提供者与分包商合作关系的角度提出了七种整合策略<sup>[3]</sup>; Lisa 分析了分包商选择的关键因素<sup>[4]</sup>; 作者则进一步利用线性规划和层次分析法相结合的方法构建了分包量的最优决策模型<sup>[5]</sup>, 随后又建立了逆向选择下的分包商信息甄别模型<sup>[6]</sup>。作者探讨第三方物流提供者如何设计有效的激励机制既避免分包商的败德行为, 又促使分包商不断提升服务绩效直至第三方物流的整体绩效最佳, 从而把目前局限于委托代理层面的分包合同关系研究推进到委托代理与合同整体绩效最优决策相结合的层面。

## 1 二层系统最优化

二层系统最优化研究的是具有 2 个系统的规划与管理问题。很多决策问题由多个具有层次性的决策者

组成, 这些决策者具有相对的独立性, 即是说上层决策者只是通过自己的决策去指导(或引导)下层决策者, 不直接干涉下层的决策; 而下层决策者只需把上层的决策作为参数或约束, 他可以在自己的可能范围内自由决策。二层决策系统按如下过程进行决策: 上层给下层一定的信息, 下层在这些信息下, 按自己的利益或偏好作出反映(决策), 上层再根据这些反映, 作出符合全局利益的决策, 上层给出的信息是以一种可能的决策形式给出的, 下层的反映实际上是对上层决策的对策, 这种对策在下层看来是最好的, 它显然与上层给定的信息有关, 为了使整个系统获得“最好”的利益, 上层必须综合下层的对策, 调整自己的决策。如果每个决策者都按规定的指标函数在其可能范围内作出最优决策, 那么, 二层决策系统可以描述成二层最优化问题。

在实际中, 人们首先认识到二层系统的这种决策过程, 然后对此过程建立起二层系统优化决策的数学模型。Yang Hai 利用这种方法研究如何进行信号控制, 使车辆使用者做出合理反应, 减少交通堵塞和延迟问题<sup>[7]</sup>; Bard 根据发展中国家(以突尼斯为例)区域

\* 收稿日期: 2004-12-20

基金项目: 教育部博士点基金(03JB630013); 广东省自然科学基金(031636)

作者简介: 田宇(1968-), 男, 湖北荆州人, 重庆大学博士后, 中山大学副教授, 主要从事物流管理的研究。

间公路网规划问题,具体地论述了如何建立一个更接近实际的二层线性规划模型<sup>[8]</sup>;Cassidy探讨了政府如何在各部门之间合理分配稀有资源如财政预算等<sup>[9]</sup>。目前随着市场全球化进程的快速推进和竞争环境的急剧变化,越来越多的企业认识到供应链管理的重要性,如何使厂商与供应商紧密合作,达到双赢的目的,成为二层规划的一个热点应用研究领域<sup>[10]</sup>。尽管较多的文献把二层规划方法运用到不同的研究领域,但尚未有人把该方法应用到第三方物流研究领域。文中通过以第三方物流的服务绩效为上层目标,以第三方物流提供者和分包商各自利润最大化为下层目标,建立分包合同管理的二层规划模型,把二层规划的方法引入到第三方物流研究领域。

## 2 基于二层决策的分包合同设计

在第三方物流中,第三方物流提供者和分包商在合同决策时行为均是理性的,基于任何决策变量的合同谈判过程均是一个博弈过程。理性的第三方物流提供者追求自己效用最大化,要求分包商供应高质量服务(价格一定的条件下),但第三方物流提供者并不了解分包商的实际选择(提供什么质量水平的服务)。为保证第三方物流绩效以及彼此利益,买卖双方应通过设计一种激励机制——分包合同,运用决策变量来控制第三方物流绩效。在第三方物流分包过程中存在着2层关系:1)第三方物流提供者和分包商之间,第三方物流提供者处于信息劣势为委托方,而分包商拥有信息(如采取何种质量水平的运作方式等)构成代理方,由于信息不对称引起了委托代理问题;2)第三方物流提供者对第三方物流需求方提供的第三方物流服务,由于物流服务供应链管理的需要,第三方物流提供者和分包商的博弈过程应确保第三方物流的整体绩效最优为前题。这二层关系之间,可通过决策变量在其间发生作用,一旦第三方物流提供者和分包商签定分包合同,即确定了合同决策变量,就会引起分包商和第三方物流提供者行为动机变化,从而影响整个第三方物流绩效变化(如第三方物流中质量、效率、等问题,但笔者仅以第三方物流服务质量为例)。

为研究方便,文中讨论的激励机制模型仅包括两个单位:一家第三方物流提供者和一家分包商,并作出如下假设:

1) 第三方物流提供者的质量政策,用  $e$  代表,  $e$

( $[0,1]$ ),它表示第三方物流提供者为确保物流服务质量是否愿意指导、培训分包商、是否愿意在分包商的物流设施、软件方面进行投入,以及投入的程度。为此付出的成本用  $g(e)$  表示,假定成本函数  $g(e) = \gamma e^2$ ,  $\gamma > 0$ ;

2) 第三方物流提供者收入用  $y$  表示;

3) 分包商提供的物流服务质量水平是可选择的,它既可以选择高的物流服务质量水平,也可以选择低的物流服务质量水平,用  $q$  表示,  $q \in [0,1]$ ,选择相应质量水平的成本为  $c(q)$ ,假定  $c(q) = \beta q^2$ ,  $\beta > 0$ ;

4) 第三方物流提供者向分包商购买单位物流服务的价格为  $p$ ,服务合格率  $\pi$ ,  $\pi$  是  $e, q$  的线性函数  $\pi(q, e) = u e + v q$ ,并且  $\pi e > 0, \pi q > 0, \pi e \leq 0, \pi q \leq 0$ ;

5) 分包商的服务不合格,由此造成的物品质量残损、外包装毁坏而承担的损失为  $m$ ;同时假定由于分包商的服务不合格,最终导致第三方物流提供者对客户(第三方物流需求方)的第三方物流服务不合格,由此造成的损失  $R$ ,供应商应负责  $aR$ ,而第三方物流提供者负责  $(1-a)R$ ,合同谈判的决策变量为  $a$ ,  $a \in [0,1]$ 。

### 2.1 Nash 均衡模型

对于给定  $a$ ,第三方物流提供者和分包商之间有内在的冲突:每一方都希望把成本简单的转嫁给对方,即第三方物流提供者希望分包商在给定的价格下提供尽可能高的服务质量,而分包商希望第三方物流提供者尽可能多地在物流设施、软件方面进行投入,或尽可能多地给予业务培训、指导,以确保运作质量。因此,第三方物流提供者和分包商之间的行为构成了 Nash 均衡。

寻求均衡解  $(q^*(a), e^*(a))$ ,满足  $0 \leq e^*(a) \leq 1$  和  $0 \leq q^*(a) \leq 1$  以及  $U(q^*(a), e^*(a)) \geq U(q^*(a), e)$ ,对任意  $e \in [0,1]$ ;

$V(q^*(a), e^*(a)) \geq V(q, e^*(a))$ ,对任意  $e \in [0,1]$ 。(1)

其中  $U(q, e)$  为第三方物流提供者的期望支付函数,即

$$U(q, e) = (y - p - g(e))\pi + (y - p - g(e) - (1-a)R)(1 - \pi) = y - p - g(e) - (1-a)R(1 - \pi)。(2)$$

$V(q, e)$  为分包商的期望支付函数,即

$$V(q, e) = (p - c(q))\pi + (p - c(q) - m - aR) \cdot (1 - \pi) = p - c(q) - (m + aR)(1 - \pi)。(3)$$

对于给定的  $a$  和  $e, V(q, e)$  为  $q$  函数,由式(3)可计算它的偏导数为:

$$Vq = -c'(q) + (m + aR)\Pi_q'$$

代入前面成本函数

$$vq = -2\beta q + (m + aR)v,$$

$$\text{得 } q^*(a) = (m + aR)v/2\beta. \quad (4)$$

对于给定的  $a$  和  $q, U(q, e)$  为  $e$  函数,由式(2)可计算它的偏导数为:

$$Uq = -g'(e) + (1 - a)R\Pi_e'$$

代入前面成本函数

$$Uq = -2(e + (1 - a)Ru),$$

$$\text{得 } e^*(a) = (1 - a)Ru/2r. \quad (5)$$

在上述分析中,质量问题是分包合同谈判的矛盾所在。对于分包商而言,服务质量提高意味着成本增加;对第三方物流提供者而言,只有运作质量保证的前提下,最终的第三方物流的服务合格率才能提高,效用才可以增加。为此,第三方物流提供者通过负激励——合同惩罚,激励分包商行为,取得 Nash 均衡,达到双赢目的。由 Nash 均衡解可得,  $q' > 0, e' < 0$ , 这表明,合同决策变量影响双方行为的选择,当合同变量  $a$  增大时,分包商担心因惩罚所遭受的损失增大,而提高服务质量水平  $q$ ; 而第三方物流提供者会因此降低分包时的投入程度  $e$ 。

### 2.2 二层决策模型

根据前面分析,在物流服务供应链环境下, Nash 均衡的博弈过程是有前提的,它必须保证整个供应链的运行效率最好。为分析合同决策变量的取值,下面把分包合同中的二层决策关系转化为二层决策过程:第一层为第三方物流总的绩效,第二层为第三方物流分包合同谈判过程。二层决策过程之间的联系以及决策可用图 1 表示:

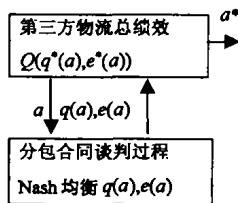


图 1 第三方物流绩效及二层决策联系

在第二层合同谈判过程中对于给定  $a$ , 第三方物流提供者和分包商的行为构成了 Nash 均衡。寻求均衡解  $(q^*(a), e^*(a))$  满足  $0 \leq e^*(a) \leq 1$  和  $0 \leq$

$q^*(a) \leq 1$  以及  $U(q^*(a), e^*(a)) \geq U(q^*(a), e)$ , 对任意  $e \in [0, 1], V(q^*(a), e^*(a)) \geq V(q, e^*(a))$ ,

对任意  $q \in [0, 1]$ ,

在第一层第三方物流总绩效中, 可设  $Q(q, e)$  为第三方物流总的服务质量, 据此可构建二层决策模型如下:

$$\max \max \left. \begin{matrix} Q(q, e) \\ 0 \leq a \leq 1(q(a), e(a))(NS(a)) \end{matrix} \right\} \quad (6)$$

其中  $NS(a)$  是  $a$  给定时(1)的 Nash 均衡解

根据已有假设, 第三方物流总绩效可用下式表示:

$$Q(q, e) = y - g(e) - c(q) - (m + R)(1 - \Pi) = y - (e^2 - \beta q^2 - (m + R)(1 - \Pi)) \quad (7)$$

由于 Nash 均衡解是唯一的, 得到

$$Q(a) = Q(q^*(a), e^*(a)) = y - (m + R) - (1 - a)^2 R^2 u^2 / 4r - (m + aR)^2 v^2 / 4\beta + (m + R) \cdot (1 - a) Ru^2 / 2r (m + aR) v^2 / 2\beta$$

$Q(a)$  的一阶和二阶导数分别为:

$$Q'(a) = (1 - a) R^2 u^2 / 2r - (m + aR) R v^2 / 2\beta - (m + R) Ru^2 / 2r + (m + R) R v^2 / 2\beta$$

$$Q''(a) = -\frac{R^2}{2} \left( \frac{u^2}{Y} + \frac{v^2}{\beta} \right)$$

$Q(a)$  的二阶导数小于零, 即  $Q(a)$  存在极大值, 此时决策变设为  $a^*$ 。分析可知  $Q$  是随着合同决策变量  $a$  变化的凹函数, 当决策变量  $a$  不断增加时, 第三方物流服务的不合格率先逐渐增大, 当  $a$  达到  $a^*$  后, 第三方物流服务的合格率会逐渐减小。这是因为当对分包商的合同惩罚力度不够时, 分包商提供的服务不合格率增多, 导致最终第三方物流服务的合格率增加, 而后由于  $a$  继续增加, 使得分包商因经营风险增加而提供高质量的服务, 从而使最终第三方物流服务的合格率减少。在第三方物流分包合同中, 第三方物流提供者通过与分包商谈判, 确定合同决策变量, 这变量直接影响第三方物流提供者与分包商的行为选择, 间接影响最终第三方物流服务的质量。结合二层决策模型, 在第三方物流提供者与分包商的技术参数给定的条件下, 便可分析出第三方物流提供者为实现第三方物流的总效用最大应采用的谈判策略, 从而有效签订分包合同。

### 3 结 语

由于第三方物流的绩效问题是贯穿两个层面的委

托代理问题,使得传统委托代理和激励理论并不能发挥最优的研究效果,于是文中采用了二层决策方法对此进行研究。文中构建的二层决策模型中的第二决策过程,即第三方物流提供者和分包商的委托代理过程,先假定合同变量为外生变量的前提下,求出博弈过程的 Nash 均衡解,由 Nash 均衡解分析合同变量一旦发生变化,其对第三方物流提供者和分包商行为的影响结果。在 Nash 均衡的约束下,二层决策中第一决策过程,以合同决策变量为内生变量,从优化整个第三方物流的角度出发,分析合同决策变量的最优解。由于第三方物流总效用函数值,是随着分包合同决策变量的增大,呈先递增而后递减的变化趋势,并存在着极大值,由此,在复杂的物流服务供应链环境中,可以为第三方物流分包合同设计提供有效的理论参考依据。

#### 参考文献:

- [1] MULLER E J. More Top Guns of Third - party Logistics [J]. *Distribution*, 1993, 33(5): 45 - 50.
- [2] AFRICK J M, Calkins CS. Does Asset Mean Better Service? [J]. *Transportation & Distribution*, 1994, 35(5): 49 - 61.
- [3] 郝聚民. 第三方物流[M]. 成都: 四川人民出版社, 2002. 179 - 191.
- [4] LISA HARRINGTON. TPL Subcontracting ; who's Handling your Business[J]. *Transportation & Distribution*, 1999, 40(6): 57 - 64.
- [5] 田宇. 物流服务供应链构建中的供应商选择研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2003, 23(5): 49 - 54.
- [6] 田宇. 面向信息甄别的第三方物流分包合同设计研究[J]. *软科学*, 2004, 18(6): 31 - 34.
- [7] YANG HAI, Traffic Assignment and Traffic Control in General Free Way - arterial Corridor Systems [J]. *Transportation Research, Part B: Methodological*, 1994, 28(6): 463 - 486.
- [8] BARD J F. An Explicit Solution to the Multilevel Programming Problem [J]. *Computers and Operations Research*, 1982, 10(9): 77 - 100.
- [9] CASSIDY R G, KIRBY M J L, RAIKE W M. Efficient Distribution of Resource Through Three Levels of Government [J]. *Management Science*, 1971, 17(4): 462 - 473.
- [10] 陈安, 刘鲁, 李刚, 等. 虚拟企业协作博弈中的双优策略 [J]. *系统工程理论与实践*, 2000, 20(8): 12 - 17.

## Third-party Logistics Subcontract Design Based on Bilevel Programming

TIAN Yu<sup>1,2</sup>, YANG Xiu-tai<sup>1</sup>, XIONG Zhong-kai<sup>1</sup>

(1. Postdoctoral Station of Business Administration; College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China);

2. School of Business, ZhongShan University, Guangzhou 510275, China

**Abstract:** The research theme of this paper is about how third-party logistics provider design a kind of effective incentive mechanism which can not only avoid the moral hazard behavior of the subcontractor, but also promote subcontractor to raise the serving performance constantly, until obtaining the best TPL performance. Through building bilevel programming model where constructing the Nash equilibrium model this paper, the authors assume subcontract decision variable as endogenous variable first, and then analyze the optimal solution with the restraint of Nash equilibrium at the time of decision variable as exogenous variable, push the subcontract relationship research at the principal - agent level into the lay that principal-agent combining with whole contract performance optimal decision.

**Key words:** third-party logistics provider; bilevel programming; subcontractor

(编辑 刘道芬)