

基于激励相容的共同配送联盟利益分配研究^{*}

倪霖^{*,1,2} 涂志刚³ 杜建辉³

- (1. 重庆大学机械传动国家重点实验室, 重庆 400030;
2. 重庆大学现代物流重庆市重点实验室, 重庆 400030;
3. 重庆大学机械工程学院, 重庆 400030)

摘要:共同配送联盟成员道德风险体现为经济主体的机会主义行为,严重影响联盟整体的运行效率。在激励相容理论基础上,通过构建利益分配模型,实现对联盟成员的激励作用,得出其最优努力水平,以有效防范联盟成员道德风险。最后通过仿真模型算例的分析,证实了该分配激励模型的激励有效性、利益分配的公平性。

关键词:共同配送;激励相容;利益分配;激励机制

中图分类号:F253 文献标识码:A doi:10.16507/j.issn.1006-6055.2016.03.035

Researches on Benefit Distribution of Joint Distribution Alliance Based on Incentive Compatibility^{*}

NI Lin^{*,1,2} TU Zhigang³ DU Jianhui³

- (1. State Key Lab of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030;
2. Chongqing Key Laboratory of Logistics, Chongqing University, Chongqing 400030;
3. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030)

Abstract: The operation efficiency of the whole alliance is seriously affected by moral hazard of joint distribution alliance members which is reflected as the opportunism behavior of economic subject. Based on incentive compatibility theory, moral hazard of alliance members is effectively prevented by building benefit distribution model and incentive mechanism which is fit with alliance characteristics. Finally, through the analysis of simulation model, the incentive effectiveness of distribution model and the fairness of benefits distribution are confirmed.

Key words: joint distribution; incentive compatibility; benefit distribution; incentive mechanism

1 引言

电子商务的快速发展给网购物流带来了发展机遇,同时对其服务有了更高的要求。在网购环境下物流配送高频次、小批量、时间性强,而我国的物流业起步较晚,总体呈现“企业数量多”、“规模企业数量少”、“合作少”、“竞争能力弱”、“同质化严重”、“配送慢”等特点,这使得物流业运营成本高、资源浪费严重、城市交通压力大和环境污染重。为解决上述问题,物流企业纷纷联合起来进行共同配送。

共同配送联盟组织中,节点与节点之间仍是不同利益个体,在联盟运作中,要吸引配送资源的拥有者加入配送资源的协作中,确保其努力水平,防范道

德风险,就必须保证其利益。因此合理的利益分配方案是联盟建立和存在的关键。

国内外对共同配送联盟利益分配进行了大量研究,主要聚焦于利益分配的公平性,主要的研究方法有 Shapley 值法和 Nash 谈判模型。Shapley 法是基于联盟成员在经济效益产生过程中所起作用大小进行利益分配的方法,较公正、合理,但需要知道 n 个企业之间每一种合作形式所产生的利益,当 n 足够大时,这很难实现^[1]。Nash 谈判模型是通过多人协商、谈判而最终获得利益分配系数的方法,但过于注重人的主观性。

常用的还有 T 值求解法、简化的 MCRS、群体中心模型、基于局中人满意度的分配方法等。其中王旭等^[2]在利益分配的过程中考虑了因延迟集货所带来的风险,建立了基于时间风险的 Raiffa 解利益分配模型。张润红等^[3]用 Shapley 值法研究共同配送企业之间的利益分配问题,并针对 Shapley 值法的不足提出了修正方案。钟小英等^[4]把共同配送

2015-10-19 收稿,2015-11-30 接受,2016-06-25 网络发表

^{*} 国家科技支撑计划项目(2015BAH46F01, 2015BAF05B03),重庆市科技攻关计划项目(CSTC, 2012ggC00001, 2014yykfA40006, 2012gg-yyjs80024)资助

^{**} 通讯作者, E-mail: nilin71@163.com

看作是合作博弈的一种,采用合作博弈进行理论分析,再采用 Shapley 值法来计算和分配各自的经济利益。

鉴于现有的研究中未涉及到如何利用利益分配方式来降低联盟成员道德风险的研究,本文基于激励相容理论,在联盟利益分配模型中考虑联盟成员的努力水平,结合固定报酬分配和产出分享模式的思想,引入物质性激励分配系数和非物质性激励分配系数对联盟成员进行激励;针对联盟强强联合的特征,在对联盟成员投入资源价值的评价中,提出了一种考虑带有突出影响因子的非线性模糊算子。

2 模型的建立

2.1 共同配送联盟利益激励分配模式设计

本文结合固定报酬分配和产出分享模式的思想,把共同配送联盟利益分配分为三个阶段,如图 1 所示。

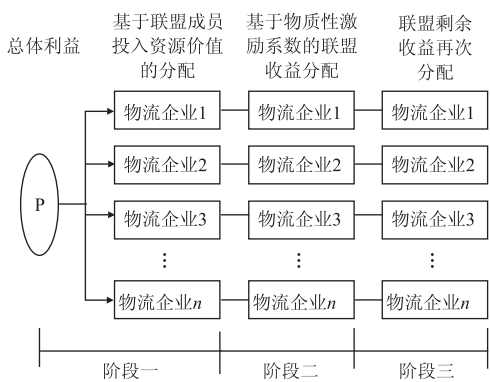


图 1 共同配送联盟利益分配三阶段法

2.2 共同配送联盟模型的假设与符号定义

假设共同配送联盟由 n 家物流企业共同组建而成。设共同配送联盟为 $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$, 如果对于 N 的任一子集 s 都对应着一个实值函数 $v(s)$, 且满足

$$v(\phi) = 0 \tag{1}$$

$$v(s_1 + s_2) \geq v(s_1) + v(s_2), s_1 \cap s_2 = \varphi \tag{2}$$

则称 $[N, v]$ 为 n 物流企业联盟对策, v 为对策的特征函数^[5]。

设联盟成员在物流配送中采取的行动为 a (即物流企业的努力程度)。行动 a 是任何维的决策变量,假定 a 是代表联盟成员努力水平的一维向量,且联盟难于观测到, d 代表联盟成员的能力系数。将所有联盟成员的行为集合记为 A , 则 $a \in A$ 。设函数 P 为共同配送获得的收益,即

$$P = v(1 + 2 + \dots + n) - [v(1) + v(2) + \dots +$$

$$v(n)] + \theta \tag{3}$$

其中, θ 是服从正态分布的随机变量,表示外界不确定性影响对联盟收益的随机扰动, $\theta \in (0, \sigma^2)$ 。

假定 U 代表投入资源的模糊因数集, 即 $U = (u_1, u_1 \dots, u_n)$, 其中 $u_1 \sim u_5$ 分别表示物流企业投入的货币资产、业务量、配送技术、管理人才、配送设备及网络。用 X 表示 U 中各因素所占权重, 可用德尔菲法来确定。 x_i 为模糊因数集 U 中第 i 个因素 u_i 对应的权数, $0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2 \dots n$, 且 $\sum_{i=1}^n x_i = 1$ 。用 R 表示模糊关系矩阵, $R = (r_{ij})_{n \times m}$, 其中 r_{ij} 为 U 中因素 u_i 与 $\sum_{i=1}^m u_i$ 的占比关系, 其中 $\sum_{k=1}^m r_{ik} = 1, r_{ij} \in [0, 1], i = 1, 2 \dots n; j = 1, 2 \dots m$ 。用 Y 表示模糊评判结果, $Y = X * R$, 其中 $X = (x_1, x_2 \dots, x_n), Y = (y_1, y_2 \dots, y_n), R = (r_{ij})_{n \times m}$, 模糊矩阵合成算子 $f(x_1, x_2 \dots, x_n; r_{ij}; \Delta) = (\lambda_1 x_1 r_{1j} + \lambda_2 x_2 r_{2j} + \dots + \lambda_n x_n r_{nj})^{\frac{1}{\lambda}}$ 。其中 $\Delta = (\lambda_1, \lambda_2 \dots, \lambda_n), \lambda_i$ 表示指标对评价结果所具有的突出影响程度, 且 $\lambda_i \geq 1, i = 1, 2 \dots n$ 。 λ_i 的大小与指标突出影响程度成正比, 当指标突出影响不明显时, 则取 λ_i 为 1, $\lambda = \max(\lambda_1, \lambda_2 \dots, \lambda_n)$ 。

假定 β_1 表示联盟给予成员的物质激励分配系数, β_2 表示联盟给予成员的非物质激励分配系数, $\beta_1, \beta_2 \geq 0, \beta_1$ 和 β_2 与联盟成员的努力系数 a 、能力系数 d 、风险系数 ρ 、努力成本系数 b 等有关, P_1 表示共同配送联盟运作时因联盟成员共同努力协同效应下而获得的利益 $P_1 = (ad - 1)P_0, P_0$ 为联盟成员努力系数为 1 时所获收益。

2.3 共同配送联盟利益激励分配模型的建立

对联盟成员而言, 其物质激励的等值货币性收入为 $f_1 = \alpha + \beta_1 P_1$, 非物质激励的等值性货币性收入为 $f_2 = \beta_2 P_1$, 其中, α 为基于联盟成员投入资源价值的固定分配。因此联盟与联盟成员签订的利益分配契约 f 可表示为

$$f = f_1 + f_2 = \alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 \tag{4}$$

设联盟成员的努力成本可用货币性度量函数 c 表示且 $c = ba^2/2$, 那么联盟成员的确定性等价收入 $\bar{w}$ 和实际货币收入 w 为

$$\bar{w} = f - c = \alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 - ba^2/2 \tag{5}$$

$$w = f - c - c_1 = \alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 - ba^2/2 - \rho(\beta_1 + \beta_2)^2 \sigma^2/2 \tag{6}$$

其中, c_1 是联盟成员努力的风险成本, 用 w_0 表示物流企业独立从事物流任务时所获得的利益, 它是联

盟成员接受联盟利益分配模式的最低收入。如果联盟成员的实际货币收入 w 小于其独立配送的利益 w_0 , 即 $w < w_0$, 此时物流企业不会接受联盟的利益分配契约, 做出不加入联盟的决策。因此只有 $w \geq w_0$, 物流企业才会加入联盟, 才会接受联盟的利益分配契约。由此可以得到物流企业加入联盟并接受联盟利益分配契约的参与约束条件 (IR) 为

$$\alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 - ba^2/2 - \rho(\beta_1 + \beta_2)^2 \sigma^2/2 \geq w_0 \tag{7}$$

当联盟难以准确测量到联盟成员在配送过程中的努力程度 a 时, 联盟希望联盟成员达到的最优化努力程度 a^* 只能通过其极大化自身利益达到, 即联盟成员使其实际货币收入 w 最大化。因此, 联盟成员的激励相容约束条件 (IC) 为

$$a^* \in \operatorname{argmax}[\alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 - ba^2/2 - \rho(\beta_1 + \beta_2)^2 \sigma^2/2] \tag{8}$$

因为联盟具有风险中性的特点, 所以 $E(p) = P_1 - \beta_1 P_1 - \beta_2 P_1$, $E(p)$ 为函数 P 的期望。因为 β_2 为非物质激励因数, 联盟不需提供实际性货币, 所以

$$E(p) = (1 - \beta_1) P_1 = (1 - \beta_1)(ad - 1) P_0 \tag{9}$$

联盟在实现自身利益最大化的同时应考虑联盟成员的参与约束条件 (IR) 和激励相容约束条件 (IC)。因此联盟利益最大化的利益分配激励模型为

$$\begin{aligned} \max_{a, \beta_1} E(p) &= \max(1 - \beta_1) P_1 \\ &= (1 - \beta_1)(ad - 1) P_0 \end{aligned} \tag{10}$$

s. t.

$$\alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 - ba^2/2 - \rho(\beta_1 + \beta_2)^2 \sigma^2/2 \geq w_0$$

$$a^* \in \operatorname{argmax}[\alpha + \beta_1 P_1 + \beta_2 P_1 - ba^2/2 - \rho(\beta_1 + \beta_2)^2 \sigma^2/2]$$

基于利益分配有效性原则, 即共同配送联盟所获得的利益应全额分配给联盟成员, 因此在阶段三中将联盟剩余收益再次分配, 各联盟成员分配比例 ζ_i 为

$$\zeta_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n (f_i)} \tag{11}$$

其中, $f_i = \alpha_i + \beta_{1i} P_1 + \beta_{2i} P_1$ 。考虑到联盟成员的努力水平是多阶段逐渐改进的, 且离当前阶段越接近其反馈的状态越真实, 因此各联盟成员最近 l ($l >$

0) 阶段的 f_i 更新为

$$f_{il}^* = \lambda[f_{i1}^1 + (1 - \lambda)f_{i2}^2, \dots + (1 - \lambda)^{l-1}f_{il}^l] \tag{12}$$

式中, λ ($0 < \lambda < 1$) 为各阶段 f_i 的平均权重值, 代表各阶段对 f_i 的重要性, λ 越大, 表示离当前阶段时间越远其努力水平衰竭的越快。式 (12) 反映了离当前阶段越近, 其反馈的努力水平越真实, 离当前阶段越远其努力水平衰竭的越快。

3 模型的求解

阶段一: 基于联盟成员投入资源价值的分配 α , 本文采用模糊综合评价法进行求解, $Y = X * R$, 其中 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, $R = (r_{ij})_{n \times m}$, 模糊矩阵合成算子 $f(x_1, x_2, \dots, x_n; r_{ij}; \Delta) = (\lambda_1 x_1 r_{1j} + \lambda_2 x_2 r_{2j} + \dots + \lambda_n x_n r_{nj})^{\frac{1}{\lambda}}$ 。模糊综合评价法运用成熟普遍, 因此本文不加以详细介绍。

阶段二: 运用最优化理论, 将激励相容约束条件式 (8) 对 a 进行求一次导数, 并令其一阶导数等于零, 得到最优努力水平 a^* :

$$a^* = \frac{(\beta_1 + \beta_2) P_0 d}{b} \tag{13}$$

然后把式 (13) 带入到目标函数 (10) 中, 得到

$$\max_{\beta_1} E(u) = \max(1 - \beta_1) P_0 \frac{(\beta_1 + \beta_2) P_0 d^2 - b}{b} \tag{14}$$

将式 (14) 对 β_1 求一阶导数, 并令其一阶导数为零, 解得

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\beta_2}{2} - \frac{b}{2P_0 d^2} \tag{15}$$

$$\beta_1 + \frac{\beta_2}{2} = \frac{1}{2} - \frac{b}{2P_0 d^2} \tag{16}$$

此时, 物流企业的确定性等价收入 $\bar{w}$ 和实际货币收入 w 为

$$\bar{w} = \alpha + \left(\frac{1}{2} - \frac{b}{2P_0 d^2} + \frac{\beta_2}{2}\right) P_1 - ba^2/2 \tag{17}$$

$$w = \alpha + \left(\frac{1}{2} - \frac{b}{2P_0 d^2} + \frac{\beta_2}{2}\right) P_1 - ba^2/2 - \rho\left(\frac{1}{2} - \frac{b}{2P_0 d^2} + \frac{\beta_2}{2}\right)^2 \sigma^2/2 \tag{18}$$

当物流企业的实际货币收入 $w \geq w_0$ 时, 即满足了物流企业的参与约束条件。当物流企业的实际货币收入 $w < w_0$ 时, 联盟可以通过提高物质激励分配系数和非物质激励分配系数来确保物流企业参与约

表 1 共同配送联盟利益分配参数及收益情况表

	P_0	α	ρ	σ	d	b	β_1	β_2	a	$\bar{w}$	w	P_1	ζ_i	P_1
A	1.5058	0.4235	0.21	2	1.3	0.7	0.358	0.009	1.03	0.2395	0.1829	0.5105	0.2735	
B	1.5058	0.4976	0.16	2	1.35	0.68	0.364	0.017	1.14	0.3516	0.3052	0.7773	0.3553	1.2368
C	1.5058	0.5847	0.12	2	1.33	0.72	0.361	0.015	1.06	0.4245	0.3905	0.649	0.3712	

束条件成立,此时 $\beta + \frac{\beta_2}{2} > \frac{1}{2} - \frac{b}{2P_0d^2}$ 。

该利益分配激励模型的关键参数为物质激励分配系数 β_1 、非物质激励分配系数 β_2 和联盟成员的努力系数 a 。从该非线性模糊算子可知,其能反映指标的突出影响程度,符合共同配送联盟强强联合的特征,因此其评价结果更符合实际,更具评价优势。从式(13)中可知,联盟成员的努力系数 a 与联盟成员努力系数为1时所获收益 P_0 、联盟成员的能力系数 d 、物质激励分配因素 β_1 、非物质激励分配系数 β_2 成正比,与其努力成本系数 b 成反比。因此联盟若要使各联盟成员提高自身努力系数 a ,可通过提高物质激励分配系数 β_1 和非物质激励分配系数 β_2 来实现。由式(15)可知物质激励分配系数 β_1 与联盟成员努力系数为1时所获收益 P_0 、联盟成员的能力系数 d 的二次方成正比,与其努力成本系数 b 成反比。由式(7)可知,当联盟成员所面临的风险系数 ρ 较大且联盟的利益波动 σ 变化范围较大时,为满足物流企业参与约束条件,联盟提供的物质激励分配系数 β_1 会偏大。由式(16)可知联盟的物质激励分配系数和非物质激励分配系数之间具有可替代性,但物质激励分配系数和非物质激励分配系数都不可或缺,应同时存在。

4 算例分析

本文以 A、B、C 三家物流企业对高校 D 进行共同配送为例,对百度地图 API 开放平台进行二次开发,实现其共同配送仿真模型,获得其在共同配送环节中的最优路径、最短配送距离及配送时间。在联盟收益的计算中本文仅考虑配送距离的减少而获得的收益,即配送收益 = 减少的配送距离 * 每公里耗油量 * 每升汽油的价格。从仿真模型的运行中,可获得三家物流企业独立进行配送时各自的配送费用为 1.9544、2.0769、2.1862;三家物流企业实行共同配送时其配送费用为 4.7117,联盟的配送收益为 1.5058。

若三家物流企业的风险系数 ρ 、能力系数 d 、努力成本系数 b 、共同配送联盟的扰动 σ 、阶段 l 均已知,则分配模型的重点为 β_1 参数的设计。依据式(16)可以得出 β_1 和 $\beta_2/2$ 的和值,同时由于 β_1 和 β_2

之间具有替换性,此时依据物流企业参与联盟的约束条件和物流企业的综合情况,设计 β_1 和 β_2 之间的比例,最终确定 β_1 和 β_2 的取值。 β_1 和 β_2 确定后依据式(13)可得出联盟成员的最优努力系数,从而可得联盟成员的确定性等价收入 $\bar{w}$ 、实际货币收入 w 、联盟剩余收益和最终联盟成员的利益分配值,具体结果如表 1 所示。

从表 1 可知,在激励作用下联盟的总收益大于 P_0 ,可见该利益分配模式充分发挥了激励作用,联盟收益显著提高。同时,在该利益分配模型上,联盟成员的收益差距在适当的扩大,打破了平均的局面,体现出了多劳多得的分配差距,这有效遏制了联盟成员的偷懒心理和搭便车行为,防范了联盟成员的道德风险。

5 结论

本文针对联盟成员中存在的道德风险,通过利益分配方式的选择实现对联盟成员的激励作用,以激励相容理论为基础,提出了网购物流共同配送联盟利益分配三阶段法,构建了联盟利益分配激励模型。在阶段一中,针对联盟强强联合的特征,提出了一种考虑带有突出影响因子的非线性模糊算子进行模糊综合评价;针对联盟有效性原则,提出了联盟剩余收益二次分配。最后通过算例的分析证实了该利益分配激励模型的激励有效性与分配公平性,有效地防范了联盟成员道德风险。

不足之处在于,本文研究中仅考虑了利益分配作为激励手段对防范联盟成员道德风险的作用,缺少监督机制设计的考虑,实现监督和激励机制的有机结合将是下一步的研究方向。

参考文献

[1]黄勇,黄世祥. 基于模糊评判法的共同配送利益分配模型研究[J]. 洛阳理工学院学报,2013,28(2):30-33.
[2]王旭,贺美亮,林云. 基于时间风险的共同配送利益分配模型研究[J]. 计算机工程与应用,2009,45(3):214-216.
[3]张润红,罗荣桂. 基于 Shapley 值法的共同配送利益分配研究[J]. 武汉理工大学学报,2008,30(1):150-154.
[4]钟小英,尹晓波. 共同配送经济利益分配的博弈分析[J]. 对外经贸,2014,(1):123-125.
[5]田帅辉. 面向物流任务的动态物流联盟资源配置管理研究[D]. 重庆:重庆大学机械工程学院,2012.