

# 城市交通能源共同配送与利益分配研究\*

徐光灿<sup>1</sup>, 宋乾坤<sup>2</sup>

(1. 重庆交通大学 经济与管理学院, 重庆 400074;  
2. 重庆交通大学 数学与统计学院, 重庆 400074)

(本刊编委宋乾坤来稿)

**摘要:** 共同配送(JD)模式能够大大降低物流成本,其运营模式对城市交通能源系统中成品油企业有明显的借鉴价值,但现有研究文献关注配送降本增效的问题较多,对利益分享问题缺乏相应研究,而这是共同配送问题的核心.据此结合成品油配送特点,综合考虑成品油企业业务能力、投资额和风险量对于成品油企业利益分配的影响,通过构建 Shapley 值综合修正(CCSV)模型,对成品油企业采用共同配送模式产生的利益分配进行研究.数值分析表明,基于 Shapley 值综合修正模型的成品油企业利益分配结果更加客观合理,能够有效地增强成品油企业共同配送联盟的稳定性.

**关键词:** 城市交通; 利益分配; Shapley 值修正; 成品油企业; 共同配送

**中图分类号:** O22

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.21656/1000-0887.410060

## 引言

共同配送(joint distribution, JD)也叫做协力配送(common distribution, CD),是指将多个客户联合起来共同由一个专业化的第三方物流服务公司来提供配送服务的物流配送模式<sup>[1-2]</sup>.共同配送是现代物流发展的整体趋势,不仅能够提高物流配送效率,而且还能够降低油耗、减少碳排放以及提升物流服务的专业化水平<sup>[3-4]</sup>.城市交通能源供给为城市交通系统高效运行提供了重要支持和保障,是城市交通系统中不可或缺的子系统.近年来,虽然绿色、新能源交通快速发展,但成品油供给仍占据交通能源市场主流.对于成品油企业运营,其最重要的目的均是实现自身利益的最大化.而在成品油企业经营过程中,成品油配送成本高、风险大、管控复杂,长期以来一直困扰着我国成品油企业物流服务质量提升,而共同配送模式和运营经验为成品油行业优化运营提供了可能.但是,该领域的研究文献相对较少,对成品油企业共同配送利益分配的研究更未引起足够重视.

对于成品油配送问题,王波<sup>[5]</sup>从成品油第三方物流发展风险进行分析,建立了简单的利益分配模型;常莎<sup>[6]</sup>对成品油共同配送方案进行了研究.而更多的相关文献都是利用合作博

\* 收稿日期: 2020-02-23; 修订日期: 2020-03-18

基金项目: 国家自然科学基金(71871035;71471024);教育部人文社科项目(17YJA630079;18YJC630189);重庆市社科规划项目(2019YBGL049)

作者简介: 徐光灿(1981—),男,博士生(E-mail: xgc@cqjtu.edu.cn);  
宋乾坤(1963—),男,教授,博士,博士生导师(通讯作者. E-mail: qiankunsong@163.com).

引用格式: 徐光灿,宋乾坤.城市交通能源共同配送与利益分配研究[J].应用数学和力学,2020,41(11):1250-1258.

弈<sup>[7]</sup>和路径优化<sup>[8]</sup>来分析共同配送和利益分配问题,张润红和罗荣桂<sup>[9]</sup>利用考虑不同因素的 Shapley 值法来分析共同配送的利益分配;琚春华等<sup>[10]</sup>介绍了几种不同的方法来分析共同配送成本分配;王振锋等<sup>[11]</sup>通过 Shapley 值修正来分析服务供应链系统利益分配;刘春月<sup>[12]</sup>通过 Shapley 值法修正分析了物流企业共同配送利益分配机理。从上面几篇文献可以看出,Shapley 值法是共同配送与利益分配问题中使用最普遍的一种方法,Shapley 值方法是 Shapley 提出的一种用于解决多人合作对策问题的经典方法<sup>[13]</sup>,目前已广泛应用于共同配送利益分配问题的国内外研究<sup>[14-15]</sup>。文献总结发现,使用 Shapley 值方法研究共同配送利益分配时,主要考虑如下因素:1) 入盟成员对合作整体利益的贡献程度。这是 Shapley 值方法考虑的根本因素,充分体现了利益分配的公平性。2) 业务能力。在实施共同配送的过程中,不同入盟企业的业务能力对联盟最终收益的变化有重要的影响,对此,有学者根据参与者业务能力对 Shapley 值利益分配模型进行了修正。3) 投资额。要有效地达成共同配送的实施,入盟成员通常需要投入大量的人力和物力资源,利益分成也需要考虑这一因素。4) 风险量。针对入盟企业在共同配送中承担的风险的不同,可考虑不同风险分担的 Shapley 值修正模型。5) 其他因素。总而言之,尽管上述文献考虑了影响企业共同配送利益分配的不同因素,但其研究假设均是建立在利益分配只受某单一因素影响的基础上的,而在实际的共同配送过程中,企业的利益分配往往受到以上多种因素的共同影响。可见,已有的 Shapley 值模型研究与现实情况还存在较大差异。

因此,本文在深入分析影响城市交通能源供应系统中成品油企业共同配送利益分配的影响因素基础上,尝试构建基于 Shapley 值的综合修正模型。主要内容如下:首先,根据成品油配送的特点,选择可行的成品油共同配送模式;其次,分析了显著影响成品油企业共同配送利益分配的业务能力、投资额和风险量;再次,综合三种因素,提出了成品油企业共同配送利益分配的 Shapley 值综合修正模型;最后,通过数值分析,验证了 Shapley 值综合修正模型的合理性。

## 1 成品油企业共同配送模式的选择

### 1.1 现有共同配送模式

当前,共同配送模式主要有横向共同配送、纵向共同配送和共同集配三种<sup>[3]</sup>,笔者介绍最符合成品油配送要求的同产业横向共同配送,该模式是指同一行业中相互独立的企业间通过配送中心集中配送货物的一种配送模式,如图 1 所示。该模式能提高企业的物流效率,减少企业在物流设施上的投入。

### 1.2 成品油企业共同配送模式的选择

在我国,由于加油站大多是成品油企业出资建立的销售网点,完全属于成品油企业拥有,所以成品油共同配送不能采取纵向共同配送的模式,可以按照同产业横向共同配送的模式实施,即各成品油企业共同出资新建一个配送中心进行成品油的统一配送,如图 2 所示。此外,在实际运营中,部分成品油企业的配送工作是由第三方物流企业完成的,故也可参照共同集配的方式来实施成品油的共同配送。

### 1.3 成品油企业共同配送的利益分配影响因素分析

为促进共同配送模式的实施,各成品油企业需在业务能力、投资额(或支付第三方物流企业的物流费用)和承担各种风险等因素上进行协调。因此,在共同配送的利益分配过程中,应充分考虑各成品油企业所承担的业务量、投资额和风险量。

不同的入盟成员,有各自不同的客户群及服务区域。实施共同配送后,虽然各个成品油企业共同使用油库、油罐车等设施设备,但各自业务量的大小对联盟整体的收益影响是不同的。

显然,这种由于入盟成员业务量的大小不同对成品油企业共同配送联盟收益增加的贡献不同,应作为共同配送利益分配的依据。

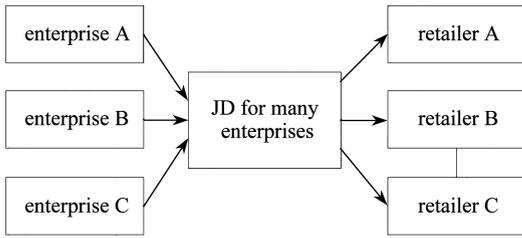


图1 同产业横向共同配送示意图

Fig. 1 The horizontal joint distribution in the same industry

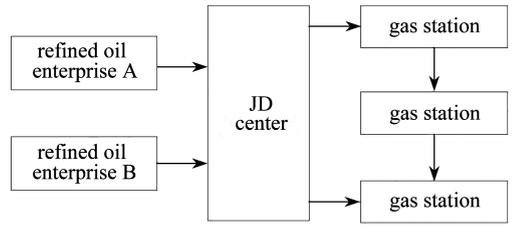


图2 成品油销售企业共建配送中心模式示意图

Fig. 2 The mode of jointly established distribution center by refined oil enterprises

投资额指成品油企业在新建共同配送中心(油库)或者外包第三方物流企业上的投入。由前述研究可知,为了实施成品油企业的共同配送,成品油企业必须重新新建配送中心或者外包给第三方物流企业,而且也包括基于联盟需求来购置运输车辆、装卸设备等。因此,也需要将投资额作为共同配送利益分配的依据。

风险量是指成品油企业在共同配送模式中所承担的各种风险,主要包括技术风险、客户风险、解散风险和市场风险。其中,技术风险指合作过程中成品油企业的核心技术遭到泄露的风险;客户风险指合作过程中成品油企业丧失原有客户的风险;解散风险指合作联盟解散的风险;市场风险则指市场需求变化引发的风险。

## 2 成品油企业共同配送利益分配模型

如果仅根据合作成员对共同配送联盟的增值程度来分配合作收益,那么 Shapley 值无疑是比较公平的分配方案。然而,成品油企业共同配送的利益分配还受到入盟成品油企业业务能力、投资额和风险量的影响。因此,必须在 Shapley 值的基础上考虑上述各种因素,对最终的利益分配值进行综合修正。

### 2.1 Shapley 值利益分配模型<sup>[13]</sup>

Shapley 值方法是一种经典方法,在求解合作博弈中的利益分配问题时使用广泛,其核心思想是按照合作成员对合作收益增值程度的贡献来分配合作利益,很好体现了个体成员对于集体的贡献程度,是一种比较公平合理的利益分配模式。

设  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  为参与个体成员集合,  $S$  为  $N$  中的任一联合(即  $N$  的子集),  $V(S)$  为  $S$  上的一个实数值函数。如果集合  $(N, V)$  满足如下条件:

$$V(\emptyset) = 0, \quad (1)$$

$$V(S_1 \cup S_2) \geq V(S_1) + V(S_2). \quad (2)$$

那么,则称  $(N, V)$  为  $n$  合作对策,  $V$  为  $(N, V)$  上的特征函数。式中,  $S_1 \cap S_2 = \emptyset, S_1, S_2 \subseteq N$ 。

用  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$  表示个体成员  $i$  从合作的最大效益  $V(N)$  中获得的期望收益,  $V(i)$  表示个体成员  $i$  在不参与合作的情况下所获得的收益。显而易见,要想达成该合作,必须满足如下条件:

$$\sum_{i=1}^n x_i = V(N), \quad (3)$$

$$x_i \geq V(i). \quad (4)$$

在 Shapley 值方法中,参与集合  $N$  的每个个体成员获得的利益分配称为 Shapley 值,通常用  $\phi_i(V)$  表示。 $\phi_i(V)$  可以通过式(5)和(6)计算得到:

$$\phi_i(V) = \sum_{S \subseteq S_i} w(|S|) [V(S) - V(S \setminus i)], \quad (5)$$

$$w(|S|) = \frac{(n - |S|)! (|S| - 1)!}{n!}, \quad (6)$$

式中,  $S_i$  表示集合  $N$  中所有含有个体成员  $i$  的子集,  $|S|$  表示子集  $S$  中的元素个数,  $V(S)$  表示子集  $S$  获得的利益,  $V(S \setminus i)$  表示子集  $S$  除去个体成员  $i$  能够获得的利益。

## 2.2 Shapley 值改进模型

通过上述对成品油企业共同配送联盟利益分配影响因素的分析,在 Shapley 值法的基础上,考虑对联盟利益分配机制从入盟各成品油企业的业务能力、投资额和风险量等三个方面进行改进。

### 2.2.1 考虑成品油企业共同配送联盟中各成员的业务能力

在成品油企业共同配送中,各成员的业务能力主要由其业务量来决定,即在一定时间周期内,成品油企业的业务量越大,其在形成共同配送联盟的过程中讨价还价能力越强。

在由  $n$  个成品油企业组成的共同配送联盟中,考虑各成员企业业务能力利益分配的变化量为

$$\Delta \phi P_i(V) = \phi(V) \times \left( \alpha_i - \frac{1}{n} \right), \quad (7)$$

其中,  $\phi(V)$  为成品油企业共同配送联盟的总收益,  $\alpha_i$  为成品油企业  $i$  的业务量相对于整个联盟总的业务量的权重,  $\sum_{i=1}^n (\alpha_i - 1/n) = 0$ ,  $\alpha_i - 1/n$  表示共同配送联盟中成品油企业的业务量与理想状况(即各成员业务量均等)下的差值。当  $\alpha_i - 1/n > 0$  时,表示成品油企业  $i$  业务能力更强,对促进形成成品油共同配送联盟更为重要,因此理应分得更多的利益。

### 2.2.2 考虑成品油企业共同配送联盟中各成员的投资额

成品油企业要形成共同配送联盟,需要每个成员企业对设施、设备及运营条件(如建设综合油库、购置油罐车等)进行投资。一般情况下,规模越大,实力越强的入盟企业需要承担的投资额更大。

假设成品油企业  $i$  的投资额为  $I_i$ , 则企业  $i$  因形成联盟而实际承担的投资因子为  $\beta_i = I_i / \sum_{i=1}^n I_i$ , 当仅考虑投资额这一影响因素时,成品油共同配送联盟中各企业的利益变量为

$$\Delta \phi I_i(V) = \phi(V) \times \left( \beta_i - \frac{1}{n} \right). \quad (8)$$

当  $\beta_i - 1/n > 0$  时,说明共同配送联盟中成品油企业  $i$  相对其他成员的投资更多,为联盟的形成及运作做出了更大的贡献,因此可分得更多的利益。反之,投资额较低的成品油企业应当对其他合作伙伴做出一定的补偿。

### 2.2.3 考虑成品油企业共同配送联盟中各成员承担的风险量

Shapley 值法在解决联盟伙伴的收益分配问题时并未考虑联盟成员在合作过程中承担的风险量问题。要有效地达成合作,必须要遵循收益和风险对称的原则,对承担风险量大的合作主体,应提高其在收益分配中的比重。在成品油共同配送联盟中,设联盟成员  $i$  实际承担的风险

为  $r_i, i = 1, 2, \dots, n, r_i$  与均担风险的差值为  $R_i = r_i - 1/n$ , 则  $\sum_{i=1}^n r_i = 1$ , 且  $\sum_{i=1}^n R_i = 0$ . 当  $r_i - 1/n > 0$  时, 表示成品油企业  $i$  在联盟合作中承担的风险量比均担状况更高, 理应得到更高的收益分配. 所以当仅考虑成员个体承担的风险量时, 成品油共同配送联盟中各企业的利益变量为

$$\Delta\phi R_i(V) = \phi(V) \times \left( r_i - \frac{1}{n} \right). \quad (9)$$

#### 2.2.4 综合考虑三种因素的 Shapley 改进模型

上文分别就业务能力、投资额及风险量三个方面的影响因素对成品油企业共同配送联盟的利益分配模型进行了修正. 但如果仅单独考虑某一因素来修正收益分配模型, 势必会影响入盟成员的积极性, 长期来看, 也会造成合作联盟的不稳定. 为了使得成品油共同配送联盟利益分配结果更加公平合理, 更能被入盟成员企业所认同, 应将这三种因素按其重要性程度与原 Shapley 模型进行综合. 通过大量已有文献来看<sup>[9-12]</sup>, 各个影响因素的权重可通过熵权法、专家调查法、层次分析法等来确定. 如果记成品油企业业务能力相对权重为  $\omega_p$ , 投资额权重为  $\omega_l$ , 风险量权重为  $\omega_R$ , 则综合改进的 Shapley 值法模型中, 成员企业  $i$  可分配的收益  $\phi_i^C(V)$  为

$$\phi_i^C(V) = \phi_i(V) + \omega_p \times \Delta\phi P_i(V) + \omega_l \times \Delta\phi I_i(V) + \omega_R \times \Delta\phi R_i(V). \quad (10)$$

### 3 综合改进 Shapley 值模型在成品油共同配送中利益分配的应用算例

#### 3.1 基于 Shapley 值原型的利益分配

某区域内有成品油销售企业 X、Y、Z 计划共建油库, 合作对各加油站进行成品油配送. 如果三个成品油企业未就合作达成一致, 仍单独配送成品油, 各自获利为 0 万元. 如果 X、Y 达成合作, 进行成品油共同配送, 则 XY 联盟获利 250 万元, Z 未加入合作联盟, 同样获利为 0 万元. 同理, XZ 形成联盟后获利 190 万元, YZ 形成联盟后获利 230 万元. 当成品油销售企业 X、Y、Z 均就加入成品油共同配送联盟达成一致, 形成区域内大联盟 XYZ 后, XYZ 联盟获利 460 万元.

利用 Shapley 值法利益分配模型(式(5)、(6))计算入盟成品油企业 X 的利益分配值, 如表 1 所示,  $\phi_X(V) = 150$  万元. 同理得到  $\phi_Y(V) = 170$  万元,  $\phi_Z(V) = 140$  万元. 通过数值比较可以发现, 结成大联盟之后, 各入盟成员分配到的收益相对他们单独配送或形成局部子联盟所获得的收益更加显著.

表 1 共同配送中成品油企业 X 分得的利益(万元)

Table 1 The interest of refined oil enterprise X in the joint distribution (10 000 Yuan)

S	X	XUY	XUZ	XUYUZ
$V(S)$	0	250	190	460
$V(S \setminus X)$	0	0	0	230
$V(S) - V(S \setminus X)$	0	250	190	230
$ S $	1	2	2	3
$w( S )$	1/3	1/6	1/6	1/3
$w( S )[V(S) - V(S \setminus X)]$	0	41.67	31.67	76.67

#### 3.2 Shapley 值修正模型的利益分配分析

通过上小节 Shapley 值原型的利益分配模型得出的各入盟成品油企业所分得的利益可以发现, 它们的数值比较接近. 造成这样的结果主要是因为我们仅考虑企业是否加入联盟所带来

的对利益的影响,而没有具体分析潜在参与者的个体实力、领导能力以及风险承担的能力等,这些因素不但影响合作联盟的利益大小,而且关乎合作联盟是否能够形成。

### 3.2.1 基于业务能力修正的利益分配分析

在一定工作周期内,成品油企业的业务量向量为  $\{Q_i\} = (Q_X, Q_Y, Q_Z) = (1\ 500, 1\ 800, 1\ 200)$ , 单位为 L。从而我们可求得各成品油企业业务量权重向量为  $\{\alpha_i\} = (\alpha_X, \alpha_Y, \alpha_Z) = (0.33, 0.4, 0.27)$ 。根据式(7),成品油共同配送联盟各企业通过业务能力修正的利益分配变化量如表 2 所示。

表 2 共同配送中业务能力修正利益分配(万元)

Table 2 The interest distribution based on business capability correction in the joint distribution (10 000 Yuan)

result	X	Y	Z
$\phi_i(V)$	150	170	140
$\alpha_i$	0.33	0.4	0.27
$\Delta\phi P_i(V)$	0	29.9	-29.9

### 3.2.2 基于投资额修正的利益分配分析

成品油共同配送联盟要真正实现成品油的共同配送,需要各成员企业共同投资相关设施设备,根据入盟企业的具体情况,成品油企业因达成共同配送联盟而承担的投资额为  $\{I_i\} = (I_X, I_Y, I_Z) = (90, 100, 50)$ , 万元。根据前文所述,各入盟成品油企业投资因子为  $\{\beta_i\} = (\beta_X, \beta_Y, \beta_Z) = (0.375, 0.417, 0.208)$ 。由式(8),成品油共同配送联盟各入盟企业通过投资额修正的利益分配变化量如表 3 所示。

表 3 共同配送中投资额修正利益分配(万元)

Table 3 The interest distribution based on investment correction in the joint distribution (10 000 Yuan)

result	X	Y	Z
$\phi_i(V)$	150	170	140
$\beta_i$	0.375	0.417	0.208
$\Delta\phi I_i(V)$	18.4	37.72	-56.12

### 3.2.3 基于风险量修正的利益分配分析

通过参考入盟企业自身实力、业务量及客户群范围、为联盟形成而需承担的投资额等因素,成品油企业的风险为  $\{r_i\} = (r_X, r_Y, r_Z) = (0.2, 0.3, 0.5)$ , 则  $\{R_i\} = (R_X, R_Y, R_Z) = (-0.135, -0.035, 0.17)$ 。根据式(9),成品油共同配送联盟各入盟企业基于风险量修正的利益分配变化量如表 4 所示。

表 4 共同配送中风险量修正利益分配(万元)

Table 4 The interest distribution based on risk correction in the joint distribution (10 000 Yuan)

result	X	Y	Z
$\phi_i(V)$	150	170	140
$r_i$	0.2	0.3	0.5
$R_i$	-0.135	-0.035	0.17
$\Delta\phi R_i(V)$	-62.1	-16.1	78.2

### 3.2.4 综合修正的利益分配分析

通过专家打分及熵权法确定业务能力、投资额、风险量等因素在成品油合作配送联盟利益分配的权重向量为  $\omega = (\omega_P, \omega_I, \omega_R) = (0.26, 0.46, 0.28)$ , 根据式(10),综合修正下的利益分配为  $\phi_X^C(V) = 141.076, \phi_Y^C(V) = 190.617, \phi_Z^C(V) = 128.307$ , 万元,具体计算如表 5 所示。

表5 共同配送中综合修正利益分配(万元)

Table 5 The interest distribution based on comprehensive correction in the joint distribution (10 000 Yuan)

result	X	Y	Z
$\phi_i(V)$	150	170	140
$\omega_p \times \Delta\phi P_i(V)$	0	7.774	-7.774
$\omega_l \times \Delta\phi I_i(V)$	8.464	17.351	-25.815
$\omega_R \times \Delta\phi R_i(V)$	-17.388	-4.508	21.896
$\phi_i^C(V)$	141.076	190.617	128.307

### 3.3 几种不同模型下利益分配方案比较

笔者从 Shapley 值模型入手,另外考虑各入盟企业业务能力、投资额、风险量等因素的影响,不同模型下数值比较结果如表 6 所示。

表6 不同模型下利益分配比较(万元)

Table 6 Comparison of interest distributions based on different models (10 000 Yuan)

result	X	Y	Z
$\phi_i(V)$	150	170	140
$\phi_i(V) + \omega_p \times \Delta\phi P_i(V)$	150	177.774	132.226
$\phi_i(V) + \omega_l \times \Delta\phi I_i(V)$	158.464	187.351	114.185
$\phi_i(V) + \omega_R \times \Delta\phi R_i(V)$	132.612	165.492	161.896
$\phi_i^C(V)$	141.076	190.617	128.307

通过表 6 中数据分析可知,当在 Shapley 值基础模型下,如果仅考虑入盟成品油企业业务能力对利益分配的影响,那么 Y 企业将获得更多的利益分配,因为其业务量在联盟中是最大的,而 Z 企业因其业务量较小,所以补偿部分利益给联盟其他成员。其次,如果仅考虑入盟成品油企业对联盟形成所付出的投资额的影响,同样是 Y 企业分配了更多的利益,X 企业也增加了部分利益,而 Z 企业因投资额少,补偿了比较大的一部分利益给 X 和 Y 企业。再次,如果仅考虑因入盟而承担的风险量的影响,Z 企业应该分得更多的利益,因为其规模小,业务量小,承担投资风险的能力也小,所以 Z 企业所承担风险量相对其本身实际是比较大的。实际中,如果其他成员没有考虑到这个问题,一个大的联盟是很难形成的。而从最后通过综合修正模型计算的数值来看,业务能力最强、付出的投资最多、也能承担一定风险量的 Y 企业分得的利益最多,其应该是成品油共同配送联盟的核心或领导,而 Z 企业虽然承担的风险量较大,但因其业务能力和付出的投资额在整个联盟中都是最小的,所以其在联盟中分得的利益最少,从经济学的角度讲,其获得一部分“搭便车”的收益。

这个综合算例验证了考虑业务能力、投资额、风险量等影响因素的 Shapley 值改进模型应用到成品油共同配送利益分配中的可行性,同时也说明了要促成共同配送联盟的形成,实力最强、有更大投资能力、能承担更大风险的企业个体应该扮演更重要的角色,在整个联盟的形成过程中,应该起到领导、协调、组织的作用。当然,当联盟形成及运作后,也理所应当分得更多的合作收益。

## 4 结 论

本文对城市交通能源供应系统中成品油企业共同配送的利益分配问题进行了研究,提出了利益分配的 Shapley 值综合修正模型。该模型在 Shapley 值方法的基础上,综合考虑了业务能力、投资额和风险量对于成品油企业利益分配的影响,使得成品油企业的利益分配结果更加符

合实际情况.从数值算例验证了综合修正后的利益分配结果更加具有客观合理性,联盟成员中业务能力更强、投资额更高、承担风险量更大的个体能够分配到更多的利益,这对共同配送联盟的形成有更强的激励作用,而在实际中采用这种利益分配方法,可使得联盟更具稳定性.

本文仅利用 Shapley 综合修正模型对成品油共同配送联盟的利益分配进行研究,没有涉及参与企业的入盟序列以及联盟的形成过程,下一步对成品油共同配送问题研究应扩展到参与企业入盟的先后顺序,以及讨论联盟中的核心企业或领导企业,这对进一步丰富共同配送理论及扩大 Shapley 值模型应用范围具有积极意义.

## 参考文献(References):

- [1] ÖZEN U, SOŠIĆ G, SLIKKER M. A collaborative decentralized distribution system with demand forecast updates[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, **216**(3): 573-583.
- [2] WU J, REN J W, LIU B, et al. Deterministic and multi-scenario models for pallet allocation over a pallet pool in a city joint distribution system[J]. *Advances in Mechanical Engineering*, 2016, **8**(1): 1-8.
- [3] TANG H C, WANG Y N. Quantitative versions of the joint distributions of Hecke eigenvalues[J]. *Journal of Number Theory*, 2016, **169**: 295-314.
- [4] GUAJARDO M, JORNSTEN K, RONQVIST M. Constructive and blocking power in collaborative transportation[J]. *OR Spectrum*, 2016, **38**(1): 25-50.
- [5] 王波. 成品油第三方物流发展的风险分析与控制[J]. 物流技术, 2015, **34**(12): 78-81.(WANG Bo. Risk analysis and control in development of finished oil product 3PL industry[J]. *Logistics Technology*, 2015, **34**(12): 78-81.(in Chinese))
- [6] 常莎. 成品油共同配送方案研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018(11): 58-59.(CHANG Sha. Study on the joint distribution scheme of refined oil[J]. *China Petroleum and Chemical Industry Standards and Quality*, 2018(11): 58-59.(in Chinese))
- [7] 李升泉, 龙登高, 张荣. 基于创新驱动的天然气三寡头垄断市场动态微分博弈定价模型[J]. 应用数学和力学, 2018, **39**(12): 1426-1442.(LI Shengquan, LONG Denggao, ZHANG Rong. A dynamic differential game pricing model for the natural gas triopoly market based on innovation drive[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2018, **39**(12): 1426-1442.(in Chinese))
- [8] 刘松, 邵毅明, 彭勇. 碳排放限制下的冷藏集装箱多式联运路径优化[J]. 应用数学和力学, 2020, **41**(2): 204-215.(LIU Song, SHAO Yiming, PENG Yong. Optimization of multimodal transport paths for refrigerated containers under carbon emission restriction[J]. *Applied Mathematics and Mechanics*, 2020, **41**(2): 204-215.(in Chinese))
- [9] 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): 150-153.(ZHANG Runhong, LUO Ronggui. Research on benefit assignment of common delivery based on Shapley value method[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2008, **30**(1): 150-153.(in Chinese))
- [10] 琚春华, 高春园, 鲍福光, 等. 基于多种方法的共同配送成本分配模型研究[J]. 铁道运输与经济, 2011, **33**(2): 57-63.(JU Chunhua, GAO Chunyuan, BAO Fuguang, et al. Study of cost allocation model of common delivery based on multiple methods[J]. *Railway Transport and Economy*, 2011, **33**(2): 57-63.(in Chinese))
- [11] 王振锋, 王旭, 邓蕾. 基于 Shapley 值修正的服务供应链系统利益分配研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, **47**(26): 235-237.(WANG Zhenfeng, WANG Xu, DENG Lei. Study on service sup-

- ply chain system benefit distribution based on Shapley value modification[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2011, **47**(26): 235-237. (in Chinese))
- [12] 刘春月. 物流企业共同配送利益分配机理研究: 基于 Shapley 值法修正模型[J]. 数学的实践与认识, 2016, **46**(18): 69-75. (LIU Chunyue. Research on distribution mechanism and simulation of cooperative interest of joint distribution for logistics enterprise: based on improved Shapley value model[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2016, **46**(18): 69-75. (in Chinese))
- [13] SHAPLE L S. A value for  $n$ -person games[J]. *Annals of Mathematics Studies*, 1953, **28**: 307-318.
- [14] 焦薇, 刘凯. 物流园区合作共生系统利润分配研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2013, **8**(13): 36-41, 141. (JIAO Wei, LIU Kai. Profit distribution for logistics park cooperative symbiotic system[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2013, **8**(13): 36-41, 141. (in Chinese))
- [15] STELLINGWERF H M, KANELLOPOULOS A, CRUIJSSEN F C A M, et al. Fair gain allocation in eco-efficient vendor-managed inventory cooperation [J]. *Journal of Clean Production*, 2019, **231**: 746-755.

## Joint Distribution and Profit Allocation in Urban Transportation Energy Systems

XU Guangcan<sup>1</sup>, SONG Qiankun<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, P.R.China;

2. College of Mathematics and Statistics, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, P.R.China)

(Contributed by SONG Qiankun, M. AMM Editorial Board)

**Abstract:** The joint distribution (JD) can greatly reduce the logistics cost and is of obvious significance for the refined oil enterprises in the urban transportation energy system. However, the existing research literatures paid more attention to the problems of cost reduction and efficiency enhancement of distribution, while thought little of the problem of benefit sharing, which is also the key to the joint distribution. According to the characteristics of refined oil distribution, the effects of business, investment and risk factors on the benefit distribution among refined oil enterprises were considered comprehensively, and the comprehensive-correction Shapley value (CCSV) model was built to study the benefit distribution related to the joint distribution mode for refined oil enterprises. Numerical analysis shows that, the benefit distribution results of refined oil enterprises based on the CCSV model are more objective and reasonable, which can effectively enhance the stability of the joint distribution alliance of refined oil enterprises.

**Key words:** urban traffic; profit allocation; Shapley value correction; refined oil enterprise; joint distribution

**Foundation item:** The National Natural Science Foundation of China(71871035;71471024)