

文章编号:1005-0523(2018)05-0060-07

低碳视角下铁路货运整合运输利益分配

赵文健¹, 刘家财², 李正红²

(1. 福建农林大学金山学院, 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学交通与土木工程学院, 福建 福州 350002)

摘要:打破铁路货运中铁路局与局之间以及铁路与港口之间的界限,畅通铁路货运通道,降低铁路能耗量,进而降低碳排放量,是当前铁路货运改革的重点。在影响铁路货运整合运输联盟形成的诸多因素中,合作后产生的利益如何分配是关键所在。针对铁路货运整合运输利益分配中常出现的分配不均等不合理问题,首先,借鉴最小二乘法的基本原理,构建所有参与者的整体不满意度最小的数学规划模型。然后,对优化模型进行求解,据此确定每个参与者加入联盟后所得的收益。最后,利用一个数值算例验证本文所提出模型和方法的可行性和优越性。

关键词:铁路货运;区域合作;整合运输;合作对策;利益分配

中图分类号:U294.1

文献标志码:A

铁路运输是相对环保的交通方式,铁路货运的碳排放量相较公路运输和航空运输而言都更低^[1]。铁路货运大多采用清洁能源电能,严格地说,铁路货运不直接产生碳排放,但铁路货运中所需的电能会产生碳排放^[2]。打造铁路货运区域联盟,合理规划铁路货运路线,尽可能实现货运整合运输,使铁路货运从“高碳耗能”模式转为“低碳绿色”模式,对于降低铁路货运的碳排放量有着重要的影响。

为了整合西南铁路货运板块,中国铁路总公司于2015年10月份启动南宁、成都、昆明三局间铁路货运整合联动计划,为有跨局、跨区域铁路货运需求的客户提供综合铁路运输服务,对不同地区间的零散货物,用往返循环班列、城际快线、国际班列等方式,让跨局货物运输更快地“动起来”。此举使以往只能在铁路货运发货地才能享受的优惠运价得到大范围延伸,并且到货的时间更有保障,大大的提高了客户的满意度,吸引了很多原本公路上的货源,同时,由于整合了运输路线,大大提高了运输的满载率,很大程度上降低了碳排放量。此次货运改革对于整合南宁、成都、昆明三局铁路货物快运产品,打造西南货物快运列车,引领我国西部经济的腾飞都起着重要的影响。但是,在运力配置以及资源整合的过程中,不可避免的会遇到很多的难题,如何快速、有效地构建运力配置、调整货物运价、实施货运服务联动,将极大地影响合作联盟形成的动机。特别是在整合抱团后,铁路货运业务量将大大增加,三局之间是否能公平、合理的分配区域合作后产生的利润,这将极大的影响联盟形成的稳定性,若处理不当,合作联盟将有破裂风险。

通过查阅国内外相关文献,可知现有针对铁路物流联盟收益分配进行的研究较少,且大多数是直接利用 Shapely 值法、层次分析法、模糊综合评价法等对联盟利益进行分配,未考虑联盟的权重对分配结果的影响。如,齐新宇等^[3]运用博弈论基本原理,探讨了铁路物流供应链加盟制的形式,以及在以铁路物流企业为主导的服务链联盟中,如何提高整体收益并对联盟所获得的收益进行分配。周湘峰等^[4]基于合作博弈基本思想,利用经典 Shapely 值法计算参与联盟的各个企业的合理收益。蒋畅,等^[5]运用层次分析法和模糊综合评价

收稿日期:2018-04-04

基金项目:国家自然科学基金项目(71572040);福建省社会科学规划项目(FJ2018B014)

作者简介:赵文健(1981—),女,讲师,硕士,研究方向为企业管理。

通讯作者:刘家财(1983—),男,讲师,博士,研究方向为博弈论、物流管理。

法建立了相应模型,对其进行求解,并通过具体算例验证该方法的可行性。吴琼等^[6]运用博弈理论,构建战略联盟,分析比较两种合约联盟的经济意义,并对合约联盟下的收益进行合理分配。

为了使低碳环境下铁路局开展区域联盟后产生的合作收益得到更加公平、合理的分配,本文借鉴最小二乘法的基本思想和原理,通过构建使参与各方的整体满意度最优的数学优化模型,并考虑联盟的权重,获得其解析式,据此求解参与者在加入区域联盟后将获得的收益。

1 合作对策及其解

1.1 合作对策的概念及其表示

合作对策指的是局中人可以联合达成一个具有约束力且可强制执行的协议的博弈^[7,8]。合作对策强调的是集体理性,合作对策最关注的问题是局中人如何结盟以及合作联盟所获得的收益如何在各个局中人之间公平、公正、有效地分配。合作对策的分配结果必须是一个帕累托改进,即所有局中人的利益都有所增加,即使局中人的利益没有增加,至少应保持利益不受到损害。合作联盟之所以能够形成,主要是因为通过合作可以产生合作剩余。合作剩余即是合作的结果,也是合作产生的动机。至于合作剩余如何在各个局中人之间进行分配,取决于在形成联盟进行合作时各个局中人所承担的风险、各自的边际贡献、投入的大小以及合作机制的设计等。

合作对策中最重要的两个概念是联盟 S 和特征函数 v ,接下来将一一进行介绍。

1) 联盟。令 $N=\{1,2,\dots,n\}$ 表示所有局中人 $i(i=1,2,\dots,n)$ 的集合,其中, n 为正整数,且 $n\geq 2$ 。集合 N 的任意一个子集 $S(S\subseteq N)$ 称为一个联盟。联盟是指部分或者所有局中人共同组成的集合。集合 N 也可以看成实一个联盟,表示所有 n 个局中人同时参与的最大的联盟。集合 \emptyset 表示空集,空集 \emptyset 可看成一个无局中人参与的特殊的联盟。当然,单点集 $\{i\}$ 也是一个联盟。通常,我们用 2^N 表示集合 N 中的局中人组成的联盟的集合。

2) 特征函数。 n 人合作对策通常用一个有序对 $\langle N,v \rangle$ 来表示,其中, $N=\{1,2,\dots,n\}$ 表示所有局中人(参与者)的集合, v 是定义在 2^N 上的实值映射,即, $v:2^N\rightarrow\mathbb{R}$, \mathbb{R} 为实数集。对于联盟 $S\in 2^N$, $v(S)\in\mathbb{R}$ 表示联盟 S 的特征函数(支付值),有时也称为联盟值,表示的是当 S 中的所有局中人形成联盟共同合作后所能获得的最大收益、利润、赢得、成本节约,等。此处, $v(S)$ 是一个集值函数,它的变元是“集合”而非通常所说的“点”或者“向量”。为方便起见,下文中我们用特征函数 v 来表示 n 人合作对策 $\langle N,v \rangle$,也即,将 n 人合作对策 $\langle N,v \rangle$ 简称为合作对策 v 。记 n 人合作对策的集合为 G^n 。

1.2 合作对策的重要性质及解概念

在合作对策中,我们之所以称 u 为特征函数,主要是因为合作对策的性质基本由 u 决定。下面介绍合作对策的几个重要性质^[9-10]。

1) (弱)超可加性。对于任意联盟 $S\subseteq N$ 和 $T\subseteq N(S\cap T=\emptyset)$,若满足 $v(S\cup T)\geq v(S)+v(T)$,称合作对策 v 具有超可加性。对于任意的联盟 $S(S\subseteq N)$ 和 $i(i\notin S)$,若满足 $v(S\cup i)\geq v(S)+v(i)$,称合作对策 v 是弱超可加的。

(弱)超可加性对于合作对策来说至关重要,特征函数只有满足(弱)超可加性,才有形成新联盟的动机和必要。如果特征函数不满足(弱)超可加性,意味着至少有一个局中人参与新的联盟后分配得到的支付要比自己单干时候还少,这样的联盟缺乏形成的基础,局中人没有参与的意愿,即使已经形成的联盟也将面临破裂的风险和威胁。

2) 凸性。对任意的联盟 $S\subseteq N$ 和 $T\subseteq N$,若满足 $v(S\cup T)+v(S\cap T)\geq v(S)+v(T)$,则称合作对策 v 是凸合作对策。

凸性是超可加性的更一般说法。容易看出,凸合作对策 $v\in G^n$ 一定是超可加的。

3) 单调性。对于任意的联盟 $S\subseteq N$ 和 $T\subseteq N(S\subseteq T)$,若满足 $v(S)\leq v(T)$,则称合作对策 $v\in G^n$ 具有单调性。

以上性质对于合作对策的解来说具有重要的意义。此外,若合作对策 $v \in G^n$ 是可加的,即对于任意的联盟 $S \subseteq N$,有 $v(S) = \sum_{i \in S} v(i)$,也就是说,联盟 S 的特征函数是联盟 S 中所有局中人单干所得的收益之和,这样的合作对策 v 称为非实质性合作对策。非实质性合作对策没有研究的价值,因为局中人参与合作联盟后没有创造出新的合作剩余,这样的联盟缺乏合作的动机,不可能形成。本文探讨的是实质性合作对策,即,联盟 S 的特征函数大于 S 中所有局中人单干所得的收益之和,这表明通过合作,创造出了新的合作剩余,联盟有形成的动机,局中人也有参与联盟的意愿。至于联盟是否能够维持或是否稳固,在于所创造出的合作剩余能否在参与联盟的所有局中人公平、公正、有效地进行分配,使得每个参与者的收益都有所改善,至少是不低于单干时的收益。

合作对策的解需要考虑每个局中人参与合作后所分配得到的收益以及每个联盟的收益(即每个联盟中所包含的局中人的收益之和)^[11]。这是因为,联盟的稳定性不仅取决于参加大联盟后每个局中人是否都能得到满意的回报,还跟每个联盟 S 是否获得满意的收益有关。换句话说,如果联盟 S 中的局中人参加大联盟后所能分配得到的收益之和比这些局中人单独组成联盟 S 能够获得的利益更少,即,这个子联盟 S 对分配方案不满意,那么,它就有可能脱离大联盟,最终使得合作破裂。

此外,合作对策的解还需要考虑有效性,即,形成联盟后所创造的合作剩余应该分配完毕,否则会引起局中人的不满。满足有效性的分配向量称为合作博弈的预分配。本文将给出一种新的有效的预分配方法,并引入联盟的权重,给出其解析式,该方法可以很好的解决合作对策中局中人的利益分配问题。

2 考虑联盟权重的合作对策预分配求解模型

用 $|S|$ 表示联盟中局中人的个数, $\omega(s)$ 表示联盟 $S \subseteq N$ 的权重, $\omega(s)$ 为实数。考虑到在很多现实情况中,组成联盟的局中人的数量越多,联盟往往越有话语权,不妨假设 $\omega(s)$ 的值根据联盟中局中人的个数确定。具体为,若 $|S|=n$,则此联盟的权重为 $|S|=1$ 的联盟权重的 n 倍。由此可得,在由 n 个局中人组成的合作对策中, $|S|=i(i=1,2,\dots,n)$ 的联盟 S 的权重为 $\omega(s) = \frac{i}{1C_n^1 + 2C_n^2 + 3C_n^3 + \dots + nC_n^n}$ 。显然,所有联盟 $S \subseteq N$ 的权重之和为 1。

在分配合作利益时,任何局中人都希望没有自身参与的联盟所分配到的收益尽可能的靠近其联盟值,或者只比联盟值多一些^[12-13]。原因是总的利益分配额是一定的,即大联盟 N 的收益是固定的,如果其他局中人分配的多了,分配给自己的就必然会减少。联盟 $S \subseteq N$ 中局中人的收益之和与联盟值之间的差异可以表示为

$$L(x) = \sum_{S \subseteq N} D(x(S), v(S)) = \sum_{S \subseteq N} \omega(S) \left(\sum_{i \in S} x_i - v(S) \right)^2$$

显然,使 $L(x)$ 取得最小值的 $x_i (i=1,2,\dots,n)$,即是合作对策的一种解。为此,建立如下数学优化模型

$$\min \{L(x) = \sum_{S \subseteq N} \omega(S) \left(\sum_{i \in S} x_i - v(S) \right)^2\} \quad (1)$$

求 $L(x)$ 关于变量 $x_j (j \in S \subseteq N)$ 的导数,并令其等于 0,有

$$\frac{\partial L(x)}{\partial x_j} = 2 \sum_{S \subseteq N, i \in S} \omega(S) \left(\sum_{i \in S} x_i - v(S) \right) = 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

即

$$\sum_{S \subseteq N, j \in S} \omega(S) \sum_{i \in S} x_i = \sum_{S \subseteq N, j \in S} \omega(S) v(S) \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

将方程组(2)展开,可得

$$\begin{cases} a_{11}x_1+a_{12}x_2+a_{13}x_3+\cdots+a_{1n}x_n=\sum_{S\subseteq N,1\in S}\omega(S)v(S) \\ a_{21}x_1+a_{22}x_2+a_{23}x_3+\cdots+a_{2n}x_n=\sum_{S\subseteq N,2\in S}\omega(S)v(S) \\ \vdots \\ a_{n1}x_1+a_{n2}x_2+a_{n3}x_3+\cdots+a_{nn}x_n=\sum_{S\subseteq N,n\in S}\omega(S)v(S) \end{cases} \quad (3)$$

根据排列组合方法,可知:

当 $i=j$ 时

$$a_{ij}=C_{n-1}^0\frac{1}{1C_n^1+2C_n^2+3C_n^3+\cdots+nC_n^n}+C_{n-1}^1\frac{2}{1C_n^1+2C_n^2+3C_n^3+\cdots+nC_n^n}+\cdots+C_{n-1}^{n-1}\frac{n}{1C_n^1+2C_n^2+3C_n^3+\cdots+nC_n^n}=\frac{(n+1)2^{n-2}}{n2^{n-1}}$$

当 $i\neq j$ 时

$$a_{ij}=\frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}}$$

即

$$a_{ij}=\begin{cases} \frac{(n+2)2^{n-2}}{n2^{n-1}} & (i=j) \\ \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} & (i\neq j) \end{cases}$$

记

$$X=(x_1,x_2,\cdots,x_n)^T$$

$$B=(\sum_{S\subseteq N,1\in S}\omega(S)v(S),\sum_{S\subseteq N,2\in S}\omega(S)v(S),\cdots,\sum_{S\subseteq N,n\in S}\omega(S)v(S))^T$$

$$A=(a_{ij})_{n\times n}=\begin{pmatrix} \frac{(n+1)2^{n-2}}{n2^{n-1}} & \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} & \cdots & \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} \\ \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} & \frac{(n+1)2^{n-2}}{n2^{n-1}} & \cdots & \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} & \frac{(n+2)2^{n-3}}{n2^{n-1}} & \cdots & \frac{(n+1)2^{n-2}}{n2^{n-1}} \end{pmatrix}_{n\times n}$$

则方程(3)可写成如下矩阵形式:

$$AX=B$$

根据矩阵的性质和运算规则,可计算得到

$$A^{-1}=\frac{2^{n-1}}{(n+3)n}=\begin{pmatrix} n^2+2n-2 & -(n+2) & \cdots & -(n+2) \\ -(n+2) & n^2+2n-2 & \cdots & -(n+2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(n+2) & -(n+2) & \cdots & n^2+2n-2 \end{pmatrix}_{n\times n}$$

利用矩阵乘法,有:

$$X=A^{-1}B \quad (4)$$

至此,已得到合作对策 v 的一种最优分配方案。

在现实的经济、管理等问题中,虽然根据式(4)得到的分配是一种公平、公正且容易为所有局中人所接受的方案,然而,这种方法却没有考虑有效性,所有局中人最终获得的分配之和有可能大于或者小于最大联

盟的联盟值,这些都是不合理的。于是,考虑有效性,将模型(1)改写成

$$\begin{aligned} \min\{L(x) &= \sum_{S \subseteq N} \omega(S) \left(\sum_{i \in S} x_i - v(S) \right)^2\} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^n x_i &= v(N) \end{aligned} \quad (5)$$

模型(5)的拉格朗日函数为

$$L(x, \lambda) = \sum_{S \subseteq N} \omega(S) \left(\sum_{i \in S} x_i - v(S) \right)^2 + \lambda \left(\sum_{i=1}^n x_i - v(N) \right)$$

其中, λ 为拉格朗日乘子。

令 $L(x, \lambda)$ 关于 x_j 的偏导数为 0, 可得

$$\sum_{S \subseteq N, j \in S} \omega(S) \sum_{i \in S} x_i + \frac{\lambda}{2} = \sum_{S \subseteq N, j \in S} \omega(S) v(S) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

令 $L(x, \lambda)$ 关于 λ 的偏导数为 0, 可得

$$\sum_{i=1}^n x_i = v(N) \quad (7)$$

记 $e = (1, 1, \dots, 1)_{n \times 1}^T$ 和 $X' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_n)$, 则式(6)和式(7)可改写成下列矩阵形式:

$$AX' + \frac{\lambda}{2} e = B \quad (8)$$

$$e^T X' = v(N) \quad (9)$$

式(8)和式(9)经过一系列矩阵运算, 最终可求得

$$X' = X + \frac{1}{n} \left(v(N) - \sum_{i=1}^n x_i \right) e \quad (10)$$

至此, 已求得合作对策 v 的满足有效性条件的解向量, 即合作对策 v 的一个预分配。

3 铁路货运整合运输利益分配实例分析

为了切实降低铁路货运碳排放量, 更好地促进云桂川黔渝五省市铁路货运实现无缝快速对接, 南宁、成都、昆明 3 个铁路局决定开展区域联盟, 实施区域货运营销联动。实行区域联盟后, 由于减少了中间站编组, 极大地缩短了运输时间, 客户的满意度大幅上升, 这大大提升了铁路局的货运收益。为了阐述方便, 不烦将南宁、成都、昆明 3 个铁路局分别用数字 1, 2, 3 来表示。经过前期市场调研和后期利润核算, 可知各个铁路局各自为政以及相互合作形成联盟后的货运收益, 用联盟值的方式分别表示为: $v(1)=300, v(2)=400, v(3)=600, v(1,2)=1\ 000, v(1,3)=1\ 500, v(2,3)=2\ 000, v(1,2,3)=4\ 800$, 单位为万元。从上述分析可以看到, 若南宁铁路局、成都铁路局、昆明铁路局不进行货运体制改革, 则运输效率低下, 货源大量流失, 各自能获得的利润分别为 300, 400, 600 万元; 若三局形成联盟, 打破原有机制的束缚, 通过调整运价、缩短运输时间、减少中间过程的停车和编组等措施, 可提升货运收益至 4 800 万元; 若西南三局选择两两形成联盟, 也可以获得比其单干时收益之和更高的联盟收益, 具体收益如前所述。现为了使合作联盟能够稳定、有序地开展, 希望将合作后产生的利润在三局之间公平、公正、合理地进行分配。利用本文提出的考虑联盟权重的合作对策预分配求解方法, 当 $n=3$ 时

$$A^{-1} = \frac{2^{n-1}}{(n+3)n} \begin{pmatrix} n^2+2n-2 & -(n+2) & \cdots & -(n+2) \\ -(n+2) & n^2+2n-2 & \cdots & -(n+2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(n+2) & -(n+2) & \cdots & n^2+2n-2 \end{pmatrix}_{n \times n} = \begin{pmatrix} \frac{26}{9} & -\frac{10}{9} & -\frac{10}{9} \\ -\frac{10}{9} & \frac{26}{9} & -\frac{10}{9} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -\frac{10}{9} & -\frac{10}{9} & \frac{26}{9} \end{pmatrix}$$

当联盟 $S \subseteq N$ 的个数 $|S|=1$ 时

$$\omega(s) = \frac{1}{1C_n^1 + 2C_n^2 + 3C_n^3 + \dots + nC_n^n} = \frac{1}{1C_3^1 + 2C_3^2 + 3C_3^3} = \frac{1}{12}$$

当联盟 $S \subseteq N$ 的个数 $|S|=2$ 时

$$\omega(s) = \frac{2}{1C_n^1 + 2C_n^2 + 3C_n^3 + \dots + nC_n^n} = \frac{2}{1C_3^1 + 2C_3^2 + 3C_3^3} = \frac{2}{12}$$

当联盟 $S \subseteq N$ 的个数 $|S|=3$ 时

$$\omega(s) = \frac{3}{1C_n^1 + 2C_n^2 + 3C_n^3 + \dots + nC_n^n} = \frac{3}{1C_3^1 + 2C_3^2 + 3C_3^3} = \frac{3}{12}$$

又

$$\sum_{S \subseteq N, 1 \in S} \omega(S)v(S) = \frac{1}{12}v(1) + \frac{2}{12}v(1,2) + \frac{2}{12}v(1,3) + \frac{3}{12}v(1,2,3) = 1\ 641.67$$

$$\sum_{S \subseteq N, 2 \in S} \omega(S)v(S) = \frac{1}{12}v(2) + \frac{2}{12}v(1,2) + \frac{2}{12}v(2,3) + \frac{3}{12}v(1,2,3) = 1\ 733.33$$

$$\sum_{S \subseteq N, 2 \in S} \omega(S)v(S) = \frac{1}{12}v(3) + \frac{2}{12}v(1,3) + \frac{2}{12}v(2,3) + \frac{3}{12}v(1,2,3) = 1\ 833.33$$

因此

$$B = \left(\sum_{S \subseteq N, 1 \in S} \omega(S)v(S), \sum_{S \subseteq N, 2 \in S} \omega(S)v(S), \dots, \sum_{S \subseteq N, n \in S} \omega(S)v(S) \right)^T = (1\ 641.67, 1\ 733.33, 1\ 833.33)^T$$

根据式(4),有

$$X = A^{-1}B = \begin{pmatrix} \frac{26}{9} & -\frac{10}{9} & -\frac{10}{9} \\ -\frac{10}{9} & \frac{26}{9} & -\frac{10}{9} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -\frac{10}{9} & -\frac{10}{9} & \frac{26}{9} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1\ 641.67 \\ 1\ 733.33 \\ 1\ 833.33 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 779.63 \\ 1\ 146.30 \\ 1\ 546.30 \end{pmatrix}$$

通过以上的求解,已经获得了南宁、成都、昆明 3 个铁路局开展合作后各自所能分配得到的合作收益。然而,上述分配方案没有考虑集体合理性(即有效性),换句话说,按照这种方案对合作联盟的收益进行分配时,各个局中人所获得的合作收益之和有可能与联盟的总收益不相等。当计划分配给局中人的合作收益之和大于联盟的总收益时,就好比开了一张空头支票,局中人的收益无法得到保障;当计划分配给局中人的合作收益之和小于联盟的总收益时,所有局中人都将对剩余的收益虎视眈眈,这样的分配方案无法让局中人感受到公平和合理。上述两种情形下,联盟的稳定性都将受到极大的威胁,很有可能无法形成联盟或者即使联盟形成了也将面临破裂的风险。在本案例中,南宁、成都、昆明 3 个铁路局参与合作后分配得到的收益分别为 779.63 万元、1 146.30 万元和 1 546.30 万元,局中人的收益之和为 3 472.23 万元,小于合作联盟的总收益 4 800 万元,也即,有 1 327.77 万元的合作收益是尚未被分配完毕的,这样的分配方案是不合理的。因此,有必要将集体合理性(即有效性)这一约束条件考虑在内,使得局中人参与合作后分配得到的合作收益之和刚好等于合作联盟的总收益。运用本文提出的求解合作对策预分配的模糊和方法,当考虑集体合理性(即有效性)时,根据式(10),有

$$X' = X + \frac{1}{n} \left(v(N) - \sum_{i=1}^n x_i \right) e = \begin{pmatrix} 779.63 \\ 1\ 146.30 \\ 1\ 546.30 \end{pmatrix} + \frac{1}{3} \times (4\ 800 - 3\ 472.23) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1\ 222.22 \\ 1\ 588.89 \\ 1\ 988.89 \end{pmatrix}$$

从上述结果可看出,铁路西南三局开展区域联盟后,南宁铁路局、成都铁路局、昆明铁路局能够分配得到的利润分别为 1 222.22, 1 588.89, 1 988.89 万元,均比形成联盟前各自所获得的利润高出很多,且形成联

盟后总的收益4 800万元刚好在3个铁路局之前全部分配完毕,这样的分配结果对于3个铁路局来说,都是公平、公正且容易接受的。因此,铁路西南三局形成合作联盟具有很好的基础,3家铁路局均有较强烈的参与联盟的意愿,联盟的稳定性较好。

4 结束语

本文基于低碳运输的视角,针对铁路货运整合运输后所创造的合作利益分配问题进行了研究。借鉴最小二乘的思想和基本原理,提出了(清晰)合作对策的一种有效的预分配方案,并利用铁路西南三局开展合作后利益分配的实例,验证所提出模型和方法的应用价值。为求解合作对策问题提供了一种新的行之有效的方法,是合作对策单值解的很好补充,该方法可进一步推广运用到军事、政治、外交、经济、环境等众多领域,为相关领域的合作利益分配问题提供一种新的快速求解方法。

参考文献:

- [1] 李创,管东亮. 基于LMDI分解法的我国运输业碳排放影响因素实证研究[J]. 资源开发与市场,2016,32(5):518-521.
- [2] 谢汉生,周新军,黄茵,等. 铁路运营碳排放测算及低碳效应评价研究[J]. 铁道工程学报,2014,31(3):117-122.
- [3] 齐新宇,阎岩. 铁路物流链联盟的加盟制与利益分配[J]. 铁道运输与经济,2016,38(6):1-4,22.
- [4] 周湘峰,张诚,郭艳. 铁路物流联盟及其利益分配问题探讨[J]. 铁道运输与经济,2009,31(6):74-76.
- [5] 蒋畅,周国华,韩姣杰. 铁路物流企业动态联盟的利益分配[J]. 铁道运输与经济,2008,30(10):80-83.
- [6] 吴琼,陈治亚. 铁路货运战略联盟的合作机制研究[J]. 铁道科学与工程学报,2006,7(4):205-206.
- [7] 朱建波,盛昭瀚,时茜茜. 具溢出效应的重大工程承包商合作创新机制的演化博弈[J]. 系统工程,2016,34(7):53-59.
- [8] 赵青松,谭跃进,杨克巍,等. 面向价值网络的物联网产业协同竞争博弈模型[J]. 系统工程,2016,34(5):30-35.
- [9] OWEN G. Game Theory[M]. 2nd ed., New York:Academic Press,1982.
- [10] PELEG B, SUDH TER P. Introduction to the theory of cooperative games[M]//2nd ed., Series C:Game Theory, Mathematical Programming and Operations Research,Berlin:Springer-Verlag,2007.
- [11] 施锡铨. 合作博弈引论[M]. 北京:北京大学出版社,2012.
- [12] 李登峰,刘家财. 基于最小平方距离的区间值合作对策求解模型与方法[J]. 中国管理科学,2016,24(7):135-142.
- [13] RUIZ L,VALENCIANO F,ZARZUELO J. The least square prenucleolus and the least square nucleolus. two values for TU games based on the excess vector[J]. International Journal of Game Theory,1996,25(1):113-134.

Profit Allocation of Integrated Transportation of Railway Freight from the Angle of Low Carbon

Zhao Wenjian¹, Liu Jiakai², Li Zhenghong²

(1. Jinshan College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. College of Transportation and Civil Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The focus for the current freight reform of national railway is to break down the boundaries not only between railway bureaus but also between railways and ports, thus dredging the regional railway freight channels and cutting down the energy consumption and the carbon emissions of rail freight. The profit allocation method is the key among various influencing factors for forming regional alliance of railway freight. Taking into account the irrationality during the profit allocation of regional alliance of railway freight, this paper firstly constructed a mathematical programming model based on the least square method, then solved the quadratic programming model to determine players' imputations after the cooperation. Finally, a numerical example was given to show the applicability and advantages of the model and the proposed method.

Key words: railway freight; regional cooperation; integrated transportation; cooperative game; profit allocation