

基于供应商补偿激励的汽车主机厂联合采购策略

焦薇¹, 倪明², 吴知轩³

(1. 安徽工业大学管理科学与工程学院, 安徽 马鞍山 243032;

2. 南京财经大学营销与物流管理学院, 江苏 南京 210023;

3. 奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241006)

摘要: 针对汽车主机厂标准件采购模式选择问题, 分别分析独立采购和联合采购时的最优订货周期、最优订货批量和最低单位时间成本, 提出联合采购优于独立采购的条件, 构建基于满意度的不对称 Nash 补偿金额分配模型. 研究表明, 联合采购从供应链总单位时间成本最低角度, 确定最优订货策略. 虽然主机厂因为库存成本和协调成本的增加, 导致其单位时间总成本增加. 但是, 规模效应使供应商单位时间总成本明显减少, 且供应链成本比独立采购时大幅削减. 供应商对主机厂做出补偿激励之后, 主机厂增加的成本得以抵消, 甚至总成本有所降低, 具有参与联合采购的动力.

关键词: 补偿激励; 汽车主机厂; 联合采购

中图分类号: F252

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2020)06-0760-13

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2020.06.004

Joint purchasing strategy of automobile plants with supplier incentive compensation

Jiao Wei¹, Ni Ming², Wu Zhixuan³

(1. School of Management Science and Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243032, China;

2. School of Marketing and Logistics Management, Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210023, China;

3. Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241006, China)

Abstract: Considering the purchasing mode option of automobile plants for standard components, this paper analyzes the ordering optimal period, optimal order quantity and the lowest unit time cost in independent and joint purchasing respectively. The condition that joint purchasing is superior to independent purchasing is proposed, and an asymmetric Nash compensation distribution model based on satisfaction is constructed. The results show that in joint purchasing the optimal ordering strategy is determined by the lowest total unit time cost of the supply chain. The automobile plants may suffer increased total cost per unit time as a result of increased inventory cost and coordination cost. However, the scale effect can make the supplier's total cost per unit time significantly lower, so that the cost of the supply chain reduces sharply compared with that of independent procurement. By making compensations to the automobile plants to offset their increased cost, or even to bring their total costs down, the supplier can motivate the latter to participate in joint procurement.

Key words: incentive compensation; automobile plant; joint purchasing

收稿日期: 2019-09-11; 修订日期: 2020-09-24.

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(15BJL014); 安徽省教育厅人文社科(重大项目)资助项目(SK2015ZD08).

1 引言

受全球经济增长有所放缓,中美贸易摩擦持续升温,环境保护压力逐渐加大等客观因素的影响,2018年下半年起,我国汽车行业出现近30年来首次销量下滑。各主机厂纷纷调整销售策略,压低售价以期获取市场份额。这使得主机厂和零部件供应商的利润空间急剧缩小,成本压力凸显。汽车行业中,不同品牌、车型的零部件采购成本占整车成本比重差异较大。如果取平均值,约为45%~50%。可见,采购成本直接影响了企业利润。

英国供应链管理专家 Martin Christopher 曾经说过,21世纪的竞争不再是企业和企业之间的竞争,而是供应链和供应链之间的竞争^[1]。为了应对销量下滑带来的损失,进一步降低零部件采购成本,多家国内自主品牌与合资品牌主机厂之间,以及主机厂与供应商之间应当建立互助、合作的供应链共生模式。国外,雷诺、日产已经成功推行零部件联合采购^[2]。在我国只有部分互相持股的车企有相关合作。但是,由于联合采购缺乏成熟的经验借鉴、涉及面广和过程冗杂,故一直推进缓慢。

联合采购为供应链管理提出新的研究方向,引起国内外学者的关注。文献[3-5]认为联合采购联盟成员之间是竞合博弈关系,改良技术共享和合理分摊成本是联盟保持稳定的重要条件。文献[6-8]在EOQ条件下,研究多零售商联合采购时,最优订货周期的确定,建立库存成本博弈模型,分析价格折扣对联合采购联盟的影响。文献[1,9-11]推导出非瞬时补货、缺货、价格折扣和信用销售时,联合采购优于独立采购的必要条件为协调成本小于某个值,并运用多人合作博弈理论分摊联合采购成本。文献[12]指出即使供应商提供价格折扣方案,采购商联合采购动力未必大。但是,只要协调成本足够小,采购商依然有联合采购的意愿。这与文献[1,9-11]的研究结论一致。文献[13]求解出数量折扣下,属于博弈核心的联合采购费用分配方案。文献[14]指出灰色市场环境下,供应链系统在集中化决策时的利润大于分散化决策时的利润,并通过补偿策略对供应链进行协调。文献[15,16]建立资金、运力、库存和最小订货批量受限时的联合采购模型,设计广义全局最优算法求解。文献[17]将采购联盟成功的关键因素归纳为自愿加入、不“搭便车”、专长互补、互相尊重、及时沟通和合理的利润分配方案。文献[18]探讨零售商互相调货时,应采取的利润分配方案以及联盟的稳定性,指出如果借助 Shapley 值确定分配方案,长远来看联盟是稳定的。可见,联合采购中成本或者利润分配是关注重点。目前,方案确定主要有两种思路:1)主观方法。如设计评价指标体系,由专家和联盟决策者依据评价指标得出^[19,20]。2)客观方法。借助理论模型确定分配比例。如利用委托-代理理论构建企业合作的利润分配模型^[21,22];设计分配方案时,考虑合作类型不同,普通盟友通过一级密封价格拍卖确定,而战略盟友通过协商模型确定^[23-25];借助 Shapley 值解决合作伙伴利润分配问题^[26-30];采用 Nash 协商模型确定分配方案^[30,31]。此外,简化 MCRS(minimum cost-remaining savings)法、二次规划法、最小核心法等也经常使用。粗略计算时,可以互相替代^[9]。

上述研究中,供应商多是分销商,利润来源为产品零售价和批发价之间的差额;采购商通过联合采购,提高订货批量,获得价格折扣,降低采购成本;确定最优订货周期与最优订货批量时,几个采购商集中决策,没有将供应商纳入在内,未考虑供应链整体成本最低。本文研究内容为在供应链总成本最低的前提下,生产型供应商通过适当的补偿激励方案,抵消采购商因联合采购而产生的额外成本,保证联合采购的顺利实施。

2 主机厂采购决策模型

2.1 模型假设

供应链由一个供应商和 n 个主机厂(采购商)组成,各主机厂产品的市场需求率已知且恒定。供应商接到订单后立即开始生产,订单完成后即刻交付主机厂,即生产完毕后瞬时补货。在一个采购周期末,主机厂库存恰好为0,不存在缺货。联合采购时,主机厂相互之间的协调时间忽略不计,且供应商给予主机厂一定金额

返现作为激励.

2.2 符号说明

为了便于阐述问题,统一说明下文模型中将出现的符号,如表 1 所示.未列入表 1 中的符号,文中有相关说明.

表 1 模型中符号含义说明
Table 1 Symbol meaning in the model

符号	含义	符号	含义
T_{Ii}	独立采购时,主机厂 i 的订货周期	η	供应商生产速率, $\eta > \sum_{i=1}^n D_i$
T_J	联合采购时的订货周期	α	供应商的单位生产成本, $\alpha < \beta$
Q_i	主机厂 i 的订货量	β	产品单价
h_i	主机厂 i 单位时间、单位产品的库存成本	γ_s	供应商处理订单的固定成本,为常数
h_s	供应商单位时间、单位产品的库存成本	γ_i	主机厂 i 每次订货的固定成本,为常数
H_i	t 时刻,主机厂 i 的库存量	θ	联合采购时,主机厂之间的协调成本系数 $\theta > 0$
c_{Ji}	联合采购时,主机厂 i 分摊的协调成本	p_i^+	主机厂 i 理想补偿金额分配值
	联合采购时, n 个主机厂之间的协调成本		
c_J	$c_J = \sum_{i=1}^n c_{Ji} = (n^\theta - 1) \sum_{i=1}^n \gamma_i$; 当 $n = 1$ 时,为独立采购,协调成本为 0	p_i^-	主机厂 i 临界补偿金额分配值,即所能接受的最低分配值

2.3 主机厂采购策略

在一个订货周期内,主机厂 i 的库存量 H_i 在市场需求 D_i 的影响下由 Q_i 减小至 0,其演化过程如式(1)所示,即

$$\begin{cases} \frac{dH_i}{dt} = -D_i \\ H_i(0) = Q_i \\ H_i(T_i) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

求解式(1),可得

$$H_i = Q_i - D_i t, \quad (2)$$

其中 $0 \leq t \leq T_i$.

主机厂 i 每次订货量为

$$Q_i = D_i T_i, \quad (3)$$

每次接到主机厂 i 的订单后,供应商成本由处理订单的固定成本 γ_s ,生产成本 c_{si} 和库存成本 c_{shi} 组成.

生产成本

$$c_{si} = \alpha Q_i = \alpha \eta t_{si}, \quad (4)$$

供应商的库存成本 c_{shi} 为供应商从接到订单开始生产到生产完成交付之前,已经生产出的产品的库存成本,即

$$c_{shi} = h_s \int_0^{t_{si}} \eta t dt = \frac{h_s \eta}{2} t_{si}^2, \quad (5)$$

供应商完成主机厂 i 订单的单位时间总成本 $c_{sti} = \frac{1}{t_{si}} (\gamma_s + c_{si} + c_{shi})$.

由式(4)和式(5),可得

$$c_{sti} = \frac{\gamma_s}{t_{si}} + \alpha \eta + \frac{h_s \eta}{2} t_{si}. \quad (6)$$

关于最优订货时间有下列结论.

命题 1 供应商的最优订货时间为 $t_{si}^* = (2\gamma_s / (h_s \eta))^{1/2}$.

证明 对式(6)分别求关于 t_{si} 的一阶导数和二阶导数, 得 $\frac{dc_{sti}}{dt_{si}} = -\frac{\gamma_s}{t_{si}^2} + \frac{h_s \eta}{2}$, $\frac{d^2 c_{sti}}{dt_{si}^2} = \frac{2\gamma_s}{t_{si}^3}$.

因为 $\frac{d^2 c_{sti}}{dt_{si}^2} > 0$, 可知当 $\frac{dc_{sti}}{dt_{si}} = 0$ 时, c_{sti} 取得最小值. 此时, 最优订货周期 $t_{si}^* = (2\gamma_s / (h_s \eta))^{1/2}$. 证毕.

2.4 主机厂独立采购策略

独立采购时, 主机厂 i 在一个订货周期 T_{li} 内的总成本由 3 部分组成, 即订货固定成本 γ_i , 采购成本 c_{pi} 和库存成本 c_{hi} . 订货固定成本为常数, 采购成本和库存成本分别为

$$c_{pi} = \beta Q_i, \quad (7)$$

$$c_{hi} = h_i \int_0^{T_{li}} H_i dt. \quad (8)$$

主机厂 i 单位时间成本

$$c_{ti} = (\gamma_i + c_{pi} + c_{hi}) / T_{li}. \quad (9)$$

关于主机厂的最优订货周期、最优订货批量和最低单位时间成本有下列结论.

命题 2 独立采购时, 主机厂最优订货周期、最优订货批量和最低单位时间成本分别为

$$T_{li}^* = (2\gamma_i / (h_i D_i))^{1/2}, \quad (10)$$

$$Q_i^* = (2\gamma_i D_i / h_i)^{1/2}, \quad (11)$$

$$c_{ti}^* = \beta D_i + (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2}, \quad (12)$$

证明 将式(2)、式(3)、式(7)和式(8)代入式(9)中, 可得主机厂 i 单位时间成本

$$c_{ti} = \frac{\gamma_i}{T_{li}} + \beta D_i + \frac{h_i D_i}{2} T_{li}. \quad (13)$$

对式(13)分别求关于 T_{li} 的一阶导数、二阶导数, 得

$$\frac{dc_{ti}}{dT_{li}} = -\frac{\gamma_i}{T_{li}^2} + \frac{h_i D_i}{2},$$

$$\frac{d^2 c_{ti}}{dT_{li}^2} = \frac{2\gamma_i}{T_{li}^3}.$$

因为 $\frac{d^2 c_{ti}}{dT_{li}^2} > 0$, 可知当 $\frac{dc_{ti}}{dT_{li}} = 0$ 时, c_{ti} 取得最小值. 此时, 最优订货周期、最优订货批量和最低单位时间成本分别为

$$T_{li}^* = (2\gamma_i / (h_i D_i))^{1/2},$$

$$Q_i^* = (2\gamma_i D_i / h_i)^{1/2},$$

$$c_{ti}^* = \beta D_i + (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2}.$$

证毕.

供应商根据主机厂 i 的订货批量进行生产, 即 $Q_i^* = \eta t_{si}$, 则供应商完成主机厂 i 订单生产所需时间

$$t_{si} = (2\gamma_i D_i / h_i)^{1/2} / \eta. \quad (14)$$

为保证不缺货, 式(14)需满足 $\sum_{i=1}^n D_i \leq \eta$.

独立采购时, 主机厂 i 按照自身最低单位时间总成本确定订货周期和订货批量 $i = 1, 2, \dots, n$. 由

式(6)、式(12)和式(14), 可得供应商完成所有主机厂订单的供应链单位时间总成本为

$$c_c = \sum_{i=1}^n (c_{sti} + c_{ti}^*) = n\alpha\eta + \beta \sum_{i=1}^n D_i + \gamma_s \eta \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{2\gamma_i D_i} \right)^{1/2} + h_s \sum_{i=1}^n \left(\frac{\gamma_i D_i}{2h_i} \right)^{1/2} + \sum_{i=1}^n (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2}.$$

根据命题 1 和式(10), 可知 $t_{si}^* = T_{i1}^*$ 未必总是成立, 所以上式的结果不是整个供应链系统成本最低值.

2.5 主机厂联合采购策略

联合采购时, 所有主机厂组成一个采购联合体, 在一个订货周期的总成本 c_{tJ} 由订货固定成本 γ_J , 采购成本 c_{pJ} , 库存成本 c_{hJ} 和主机厂之间的协调成本 c_J 组成.

根据式(2)、式(3)、式(7) 和式(8), 采购联合体的单位时间总成本

$$c_{tJ} = \frac{1}{T_J} (\gamma_J + c_{pJ} + c_{hJ} + c_J) = \frac{n^\theta}{T_J} \sum_{i=1}^n \gamma_i + \beta \sum_{i=1}^n D_i + \frac{T_J}{2} \sum_{i=1}^n h_i D_i, \quad (15)$$

当 $n = 1$ 时, 式(15)为独立采购, 与式(13)一致.

根据式(3)可得供应商从处理主机厂订单开始到完成生产所需时间

$$t_{sJ} = \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^n D_i T_J, \quad (16)$$

由式(6)和式(16)供应商的单位时间总成本

$$c_{stJ} = \frac{\gamma_s}{t_{si}} + \alpha\eta + \frac{h_s \eta}{2} t_{si} = \frac{\gamma_s}{t_{sJ}} + \alpha\eta + \frac{h_s \eta}{2} t_{sJ} = \gamma_s \eta \left(T_J \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} + \alpha\eta + \frac{T_J h_s}{2} \sum_{i=1}^n D_i. \quad (17)$$

企业之间的竞争已经上升为供应链之间的竞争. 联合采购时, 应考虑整个供应链成本最低. 根据式(16)和式(17), 可得供应链的单位时间总成本为

$$c_{scJ} = c_{stJ} + c_{tJ} = \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \left(T_J \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} + \frac{T_J}{2} \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) + \alpha\eta + \beta \sum_{i=1}^n D_i. \quad (18)$$

关于供应链的最优订货周期、最优订货批量、最低单位时间成本有下列结论.

命题 3 联合采购时, 供应链的最优订货周期、最优订货批量和最低单位时间成本分别为

$$\begin{aligned} T_J^* &= 2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) \right)^{-1/2}, \\ Q_J^* &= \left(2 \sum_{i=1}^n D_i (\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i) \right)^{1/2} \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)^{-1/2}, \\ c_{scJ}^* &= \left(2 (\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i) \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1/2} + \alpha\eta + \beta \sum_{i=1}^n D_i. \end{aligned}$$

证明 对式(18)分别求关于 T_J 的一阶导数和二阶导数, 得

$$\frac{dc_{scJ}}{dT_J} = - \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \left(T_J^2 \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} + \frac{1}{2} h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i,$$

$$\frac{d^2 c_{scJ}}{dT_J^2} = 2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \left(T_J^3 \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1}.$$

因为 $\frac{d^2 c_{scJ}}{dT_J^2} > 0$, 可知当 $\frac{dc_{scJ}}{dT_J} = 0$ 时, c_{scJ} 取得最小值. 此时最优订货周期、最优订货批量和最低单位时间成本分别为

$$\begin{aligned} T_J^* &= \left(2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) \right)^{-1/2}, \\ Q_J^* &= \left(2 \sum_{i=1}^n D_i \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \right)^{1/2} \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)^{-1/2}, \\ c_{scJ}^* &= \left(2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1/2} + \alpha \eta + \beta \sum_{i=1}^n D_i. \quad \text{证毕.} \end{aligned}$$

2.6 两种采购策略比较

由 1 个供应商和 n 个主机厂组成的供应链, 当 $c_c > c_{scJ}^*$ 时, 联合采购优于独立采购, 主机厂将选择联合采购策略.

令 $\Delta c = c_c - c_{scJ}^* > 0$, 即

$$\begin{aligned} & (n-1)\alpha\eta + \gamma_s\eta \sum_{i=1}^n (h_i/(2\gamma_i D_i))^{1/2} + h_s \sum_{i=1}^n (\gamma_i D_i/(2h_i))^{1/2} + \sum_{i=1}^n (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2} \\ & > \left(2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1/2}. \quad (19) \end{aligned}$$

联合采购时, 主机厂之间产生协调成本. 协调成本的大小反映出协调难度的高低. 若协调成本过大, 将使 c_{scJ}^* 变大, 联合采购的成本优势难以凸显. 所以, 主机厂之间的协调成本系数 θ 应满足一定的条件, 有下列结论.

命题 4 由 1 个供应商和 n 个主机厂组成的供应链系统中, 联合采购能够顺利推行的条件为协调成本系数 θ 满足

$$\begin{aligned} 0 < \theta < \log_n \left\{ \left[(n-1)\alpha\eta + \gamma_s\eta \sum_{i=1}^n (h_i/(2\gamma_i D_i))^{1/2} + h_s \sum_{i=1}^n (\gamma_i D_i/(2h_i))^{1/2} + \sum_{i=1}^n (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2} \right]^2 \times \right. \\ & \left. \sum_{i=1}^n D_i \left(2(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i) \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} - \gamma_s\eta \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} \right\}. \end{aligned}$$

证明 根据式(19)

$$\begin{aligned} & (n-1)\alpha\eta + \gamma_s\eta \sum_{i=1}^n (h_i/(2\gamma_i D_i))^{1/2} + h_s \sum_{i=1}^n (\gamma_i D_i/(2h_i))^{1/2} + \sum_{i=1}^n (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2} \\ & > \left(2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right) \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right) \left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} \right)^{1/2}, \end{aligned}$$

其解

$$\theta < \log_n \left\{ \left((n-1)\alpha\eta + \gamma_s\eta \sum_{i=1}^n (h_i/(2\gamma_i D_i))^{1/2} + h_s \sum_{i=1}^n (\gamma_i D_i/(2h_i))^{1/2} + \sum_{i=1}^n (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2} \right)^2 \times \right.$$

$$\sum_{i=1}^n D_i \left(2(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i) \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} - \gamma_s \eta \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} \Bigg\}.$$

因为 $\theta > 0$, 所以 θ 的取值范围为

$$0 < \theta < \log_n \left\{ \left((n-1)\alpha\eta + \gamma_s \eta \sum_{i=1}^n (h_i / (2\gamma_i D_i))^{1/2} + h_s \sum_{i=1}^n (\gamma_i D_i / (2h_i))^{1/2} + \sum_{i=1}^n (2\gamma_i h_i D_i)^{1/2} \right)^2 \times \right. \\ \left. \sum_{i=1}^n D_i \left(2(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i) \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} - \gamma_s \eta \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)^{-1} \right\}. \quad \text{证毕.}$$

3 主机厂联合采购补偿金额分配模型

主机厂联合起来将采购需求合并向供应商订货, 供应商只需付出一处理订单的固定成本, 同时还能获得规模效益. 供应商的单位时间成本降低, 乐于接受联合采购的形式. 但是, 根据式(11)和命题 3, $T_{li}^* = T_j^*$ 不可能总成立. 因此, 与独立采购相比, 各个主机厂不仅不能获得最低成本, 还需要额外付出协调成本, 使其总成本进一步提高. 主机厂联合采购的产品以标准件为主. 标准件采购属于买方市场, 主机厂不会自愿将订货周期与供应链的最优订货周期相统一. 故供应商可给予主机厂适当金额补偿作为激励, 以保证联合采购的顺利推进.

3.1 基于满意度的不对称 Nash 补偿金额分配模型

主机厂联合采购补偿金额分配方案由所有参与者经过协商确定, 是合作博弈中的多主体协商问题. 针对此问题, 可采用 Nash 协商模型^[32]解决, 以保证分配的公平、合理. 此外, 最大限度地令成员满意是合作关系稳定的重要保障. 合理的分配制度对于合作方具有多重激励作用. 经济上, 获得了与其付出相匹配的现金奖励; 技术上, 采购流程优化, 产品品质提升, 为后续发展做好铺垫; 业务上, 能增强相互信任度和默契度, 进一步提高生产系统的运行效率和稳定性. 满意度体现了主机厂对于分配制度的认可程度. 如果成员对分配方案的满意度不足, 则有可能因为缺乏动力, 影响整体任务的完成效果^[29]. 所以, 此处建立基于满意度的不对称 Nash 补偿金额分配模型.

主机厂 i 对实际补偿的满意度为 $s_i = p_i / p_i^+$. 需要满足 $p_i \geq p_i^-$. 否则, 主机厂 i 将独立采购, 拒绝联合采购. 因此, 主机厂 i 对补偿金额分配的临界满意度可定义为 $s_i^- = p_i^- / p_i^+$. 显然, $s_i - s_i^-$ 的值越大, 主机厂的满意度越高.

供应商用于补偿主机厂的总金额 $\sum_{i=1}^n p_i$ 不超过 n 个主机厂独立采购与联合采购相对应的供应商总成本之差.

主机厂 i 能够接受的补偿金额不小于自身联合采购和独立采购相对应的成本之差. 基于满意度的不对称 Nash 补偿金额分配模型为

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max}_{p_i} Z = \prod_{i=1}^n (p_i / p_i^+ - p_i^- / p_i^+)^{w_i} \\ \text{s.t.} \\ p_i^- \leq p_i \leq p_i^+ \\ \sum_{i=1}^n p_i \leq c_{sT} - c_{sTJ} \\ p_i \geq c_{tJi} - c_{ti}^* T_{li}^* \end{array} \right. \quad (20)$$

优化问题(20)的最优解 p_i^* 即为供应商对主机厂 i 补偿金额的最佳方案, $i = 1, 2, \dots, n$.

3.2 模型中相关参数的确定

1) 主机厂 i 理想补偿值 p_i^+

主机厂组织联合采购的主要目的和直接动力是降低成本, 获取更多的收益. 主机厂最满意的补偿值为获得供应商补偿的全部金额, 即供应商完成 n 个主机厂的订单时, 联合采购比独立采购所节省的总成本, 即 $p_i^+ = c_{sT} - c_{sTJ}$.

由供应商成本组成和式(14), 可得独立采购时, 供应商完成 n 个主机厂订货需求的总成本为

$$\begin{aligned} c_{sT} &= \sum_{i=1}^n c_{sTi} = \sum_{i=1}^n (\gamma_s + c_{si} + c_{shi}) = \sum_{i=1}^n ((\gamma_s + \alpha \eta t_{si} + h_s \eta t_{si}^2 / 2)) \\ &= n\gamma_s + \alpha \sum_{i=1}^n (2\gamma_i D_i / h_i) + \frac{h_s}{\eta} \sum_{i=1}^n \gamma_i D_i / h_i, \end{aligned} \quad (21)$$

其中 c_{sTi} 为供应商完成主机厂 i 订货需求的总成本.

联合采购时, 供应商完成 n 个主机厂订货需求的总成本为

$$\begin{aligned} c_{sTJ} &= \gamma_s + \alpha \eta T_J^* + \frac{h_s \eta}{2} T_J^{*2} \\ &= \gamma_s + \alpha \eta \left(\frac{2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)}{\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)} \right)^{1/2} + \frac{h_s \eta \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)}{\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)}. \end{aligned} \quad (22)$$

由式(21)和式(22), 可得主机厂 i 理想补偿值为

$$\begin{aligned} p_i^+ &= (n-1)\gamma_s + \alpha \sum_{i=1}^n \left(\frac{2\gamma_i D_i}{h_i} \right)^{1/2} + \frac{h_s}{\eta} \sum_{i=1}^n \frac{\gamma_i D_i}{h_i} - \\ &\quad \alpha \eta \left(\frac{2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)}{\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)} \right)^{1/2} - \frac{h_s \eta \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)}{\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)}. \end{aligned} \quad (23)$$

2) 主机厂 i 临界补偿值 p_i^-

根据式(20)的约束条件 $p_i \geq c_{tJi} - c_{ti}^* T_{Li}^*$, 可知主机厂 i 临界补偿金额分配值为 $p_i^- = c_{tJi} - c_{ti}^* T_{Li}^*$.

联合采购时, 主机厂 i 在一个订货周期 T_J^* 的总成本 C_{tJi} 由订货固定成本 γ_i 、采购成本 c_{pJi} 、库存成本 c_{hJi} 和分摊的协调成本 c_{Ji} 组成. 相当于独立采购成本的基础上增加协调成本. 联合采购时, 主机厂 i 的总成本为

$$c_{tJi} = \gamma_i + \beta Q_i + h_i \int_0^{T_J^*} (Q_i - D_i t) dt + c_{Ji} = \gamma_i + (\beta D_i + h_i Q_i) T_J^* - \frac{h_i D_i}{2} T_J^{*2} + c_{Ji}. \quad (24)$$

1953年, Shapley 提出用于解决多人合作问题价值分配的 Shapley 值法. 主机厂 i 分摊的协调成本 C_{Ji} 可通过 Shapley 值法求得, 并需要满足 Shapley 公理体系, 即有效性公理、对称性公理和可加性公理^[29].

(a) 有效性公理对于包含主机厂 i 的联合采购 M , 若 $c_J(M \setminus \{i\}) = c_J(M)$, 则 $c_{Ji} = 0$. 即如果主机厂 i 对协调成本的变化没有影响, 那么该主机厂 i 不需要分摊协调成本. 同时, 满足 $c_J = \sum_{i=1}^n c_{Ji}$.

(b) 对称性公理

对于包含主机厂 i, j 且 $i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$ 的联合采购 A , 当 $c_J[A \setminus \{i\} \cup \{i\}] = c_J[A \setminus \{j\} \cup \{j\}]$ 时, 总有 $c_{Ji} = c_{Jj}$, 即主机厂分摊的成本与编号 i, j 无关, 可理解为成员位置对称性.

(c) 可加性公理

对于联合采购 A, B , 有 $c_J(A+B)=c_J(A)+c_J(B)$. 当 n 方同时进行两项不同的联合采购时, 总协调成本为两项合作的协调成本之和.

可证明协调成本分摊问题满足上述3个公理. 此时, 对于任意一个 n 方合作博弈, 可求得唯一 Shapley 值, 如下^[33]

$$c_{Ji} = \sum_{i \in M} \frac{(|M|-1)!(n-|M|)!}{n!} (c_J(M) - c_J(M \setminus \{i\})), \quad (25)$$

其中 M 为包含主机厂 i 的一切联合采购关系; $|M|$ 为包含主机厂 i 的一切联合采购的规模, 即 M 中主机厂数量; n 为所有局中人的数量; $c_J(M)$ 为联合采购 M 的协调成本; $c_J(M \setminus \{i\})$ 为联合采购 M 中, 如果没有主机厂 i 参与时的协调成本; $c_J(M) - c_J(M \setminus \{i\})$ 为主机厂 i 对协调成本变化的影响.

式(25)中, $c_J(M) = (n^\theta - 1) \sum_{j=1}^n \gamma_j$, $c_J(M \setminus \{i\}) = ((n-1)^\theta - 1) \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_j$. 所以,

$$c_{Ji} = \sum_{i \in M} \frac{(|M|-1)!(n-|M|)!}{n!} \left((n^\theta - 1) \sum_{j=1}^n \gamma_j - ((n-1)^\theta - 1) \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_j \right), \quad (26)$$

由命题3、式(24)和式(26), 可得主机厂 i 临界补偿金额分配值

$$\begin{aligned} p_i^- = & (\beta D_i + h_i Q_i) \left(\frac{2 \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)}{\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)} \right)^{1/2} - \frac{h_i D_i \left(\gamma_s \eta + n^\theta \sum_{i=1}^n \gamma_i \sum_{i=1}^n D_i \right)}{\sum_{i=1}^n D_i \left(h_s \sum_{i=1}^n D_i + \sum_{i=1}^n h_i D_i \right)} - \\ & \beta D_i \left(\frac{2\gamma_i}{h_i D_i} \right)^{1/2} - \gamma_i + \sum_{i \in M} \frac{(|M|-1)!(n-|M|)!}{n!} \times \\ & \left((n^\theta - 1) \sum_{j=1}^n \gamma_j - ((n-1)^\theta - 1) \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_j \right). \end{aligned} \quad (27)$$

3) 主机厂 i 重要程度权重 w_i

参与联合采购的主机厂受自身能力、业务专长, 以及与其它成员关系等因素的制约, 使得在合作中的地位、对成本变化的影响不尽相同. 目前, 重要程度权重确定的常用方法主要是协商解决(如文献[34,35]) 和层次分析法(AHP)(如文献[36])等主观赋权法. 此类方法的优点是便于操作、方便快捷; 缺点是主观性较强, 有时不能有效体现成员在合作中的重要性.

当主机厂 i 承担更多协调工作时, 将分摊更多协调成本, 对于联合采购顺利完成做出贡献更大, 其主导地位更加突出, 重要程度更高. 而分担协调成本少的主机厂, 相当于处于从属地位, 重要程度略低. 因此, 以分摊协调成本在总协调成本中的比重为依据确定 w_i 的数值, 即

$$w_i = c_{Ji}/c_J, \quad (28)$$

因为 $c_J = \sum_{i=1}^n c_{Ji}$, 所以 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

由式(26), 可得

$$w_i = \left(\sum_{i \in M} \frac{(|M|-1)!(n-|M|)!}{n!} \left((n^\theta - 1) \sum_{j=1}^n \gamma_j - ((n-1)^\theta - 1) \sum_{\substack{j=1, j \neq i}}^n \gamma_j \right) \right) \times$$

$$\left((n^\theta - 1) \sum_{i=1}^n \gamma_i \right)^{-1}. \quad (29)$$

因为 $p_i^+ = c_{sT} - c_{sTJ}$, $p_i^- = c_{tJi} - c_{ti}^* T_{Ii}^*$, 式(20)可改写为

$$\begin{cases} \text{Max}_{p_i} Z = \prod_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{p_i^+} - \frac{p_i^-}{p_i^+} \right)^{w_i} \\ \text{s.t.} \\ p_i^- \leq p_i \leq p_i^+ \\ \sum_{i=1}^n p_i \leq p_i^+. \end{cases} \quad (30)$$

式(30)为非线性规划问题, 利用 Kuhn-Tucker条件, 其最优解为

$$p_i^* = p_i^- + w_i \left(p_i^+ - \sum_{i=1}^n p_i^- \right). \quad (31)$$

将式(23), 式(27)和式(29)中 p_i^+ , p_i^- , w_i 代入式(31), 即可求得最优解 p_i^* 的具体数值. 由于最优解表达式复杂, 此处不再列出.

4 算例分析

假设由 1 个供应商和 3 个主机厂组成的供应链系统, 相关参数值如表 2 和表 3 所示.

表 2 供应商相关参数
Table 2 Parameters of supplies

参数	α	η	γ_s	β	h_s
取值	5	8 000	500	10	2

表 3 各主机厂相关参数
Table 3 Parameters of OEMs

主机厂	D_i	h_s	γ_i	w_i
1	2 000	4	260	0.33
2	2 500	3	300	0.34
3	3 000	5	250	0.33

由表 2 和表 3 的参数值, 可知命题 4 中 $0 < \theta < 4.63$. 为计算方便, 取 $\theta = 1$.

由式(29)可计算得出 w_i 的数值, $i = 1, 2, 3$, 列于表 3 中.

4.1 两种采购策略成本分析

独立采购、联合采购时, 主机厂、供应商、供应链的各项单位时间成本分别如表 4 和表 5 所示.

表 4 独立采购成本构成
Table 4 Cost structure of independent procurement

主机厂							供应商				供应链
	最优订货 周期/年	最优订货 批量/件	最低总 成本/元	订货 成本/元	采购 成本/元	库存 成本/元	总成本/元	订单处理 成本/元	生产 成本/元	库存 成本/元	总成本/元
1	0.25	510	22 040	1 020	20 000	1 020	48 335	7 845	40 000	510	70 394
2	0.28	707	27 122	1 061	25 000	1 061	46 364	5 657	40 000	707	73 486
3	0.18	548	32 738	1 369	30 000	1 369	47 851	7 303	40 000	548	80 589
合计	—	—	81 900	—	—	—	—	—	—	1 765	224 469

对主机厂而言, 联合采购的订货周期、订货批量增加, 使得单位时间订货成本减小、库存成本增加. 主机

厂需要付出协调成本, 其单位时间总成本增加. 根据协调成本的计算方法 $c_J = \sum_{i=1}^n c_{Ji} = (n^\theta - 1) \sum_{i=1}^n \gamma_i$, 随着主机厂数量增多, 协调成本大幅提升. 因此, 要控制成员数量, 防止系统过于庞大臃肿, 增加管理、协调的难度, 导致成本飙升、运作效率低下. 对供应商而言, 订货周期延长、订货批量增加、订单处理次数减少, 单位时间订单处理成本大幅减少. 虽然库存成本有所增加, 但是单位时间总成本削减明显. 供应商更愿意给主机厂适当补偿激励, 以促进联合采购的实施. 对整个供应链系统而言, 供应商的单位时间总成本不及独立采购时完成 1 个主机厂订单的成本, 而主机厂单位时间总成本增加有限, 所以供应链总成本降低.

表 5 联合采购成本构成
Table 5 Cost structure of joint procurement

	主机厂							供应商				供应链
	订货 周期/年	订货 批量/件	总成本/元	订货 成本/元	采购 成本/元	库存 成本/元	协调 成本/元	总成本/元	订单处理 成本/元	生产 成本/元	库存 成本/元	总成本/元
1	0.36	722	23 646	720	20 000	1 444	1 482	—	—	—	—	—
2	0.36	902	28 722	831	25 000	1 353	1 538	—	—	—	—	—
3	0.36	1 083	34 869	693	30 000	2 707	1 469	—	—	—	—	—
合计	—	—	87 237	—	—	—	—	44 185	1 478	40 000	2 707	131 422

4.2 补偿金额分配方案

将表 2 和表 3 中的参数值代入式(23), 式(27)和式(31), 则 $p_i^+, p_i^-, p_i^*, i = 1, 2, 3$ 的值如表 6 所示.

表 6 补偿金额分配方案
Table 6 Allocation of compensation

主机厂	p_i^+ / 元	p_i^- / 元	p_i^* / 元
1	17 777	3 003	4 775
2	17 777	2 746	4 571
3	17 777	6 660	8 431

从表 6 可以看出, 3 个主机厂实际补偿金额值均高于其临界值. 补偿之后, 主机厂联合采购单位时间成本低于独立采购单位时间成本. 这符合主机厂组织联合采购的初衷. 但是, 这里的最优补偿金额方案是基于供应商将联合采购时所节省的总成本全部补偿给主机厂. 此时供应商的成本与独立采购持平, 这在现实运作中显然是不可能的. 供应商提供的补偿激励金额一定低于其节省的总成本. 主机厂对于不同补偿金额的满意度如图 1 所示. 各主机厂具体补偿金额由式(31)确定, 满意度为式(30)中的 Z .

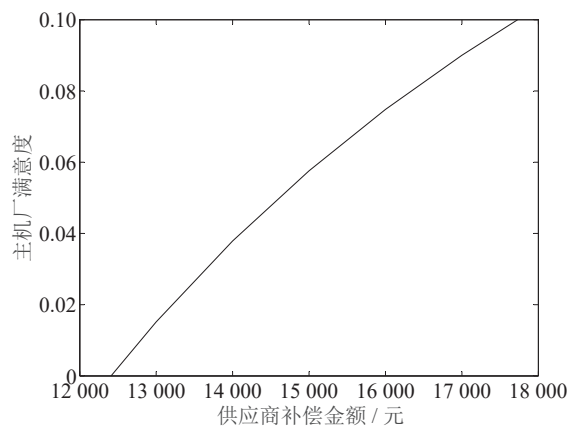


图 1 供应商补偿金额对主机厂满意度的影响

Fig. 1 The influence compensation on satisfaction

从图 1 可以看出供应商补偿金额增加时, 主机厂满意度随之增加. 但是, 增长趋势逐渐变缓. 这个现象可以用前景理论(Prospect Theory)^[37,38]解释为财富的变化量对于决策的影响大于财富的绝对量. 当依次增

加等值补偿金额时, 主机厂获得的补偿金额变化率将逐渐变小, 满意度的增加趋于平缓. 供应商可以在补偿金额的可行区间内, 根据自身实际选择一个合理的补偿激励方案.

5 结束语

本文研究了基于供应商补偿激励的汽车主机厂联合采购策略问题. 分别对独立采购和联合采购时的主机厂成本、供应商成本、供应链成本进行比较. 运用 Nash 协商模型分配补偿金额. 通过数值算例对模型求解演示, 分析各个成本构成的变化规律和补偿金额对满意度的影响, 为供应商和主机厂决策提供参考借鉴.

协调成本与参与合作的主机厂数量、协调能力等密切相关, 同时也是影响联合采购成功与否的关键因素. 今后, 将针对不同数量规模、不同协调能力主机厂的联合采购问题开展研究.

参考文献:

- [1] 张云丰, 王 勇, 龚本刚, 等. 考虑价格折扣与交易信用的改良品供应链协调. 计算机集成制造系统, 2017, 23(8): 1721–1730.
Zhang Y F, Wang Y, Gong B G, et al. Coordination for ameliorating items supply chain based on price discount and trade credit. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(8): 1721–1730. (in Chinese)
- [2] 庄林凤, 张光明. 汽车零部件联合采购运作模式研究. 价值工程, 2010, 29(32): 18–19.
Zhuang L F, Zhang G M. Research on joint purchasing operational mode of auto parts. Value Engineering, 2010, 29(32): 18–19. (in Chinese)
- [3] 肖 旦, 刘 芳, 史欣向, 等. 随机需求环境下零售商联合采购与合并运输联盟的稳定性分析. 广州大学学报(自然科学版), 2016, 15(1): 90–95.
Xiao D, Liu F, Shi X X, et al. Stability of retailers' coalition with collaborative procurement and shipment consolidation under stochastic demand. Journal of Guangzhou University(Natural Science Edition), 2016, 15(1): 90–95. (in Chinese)
- [4] 肖 旦, 刘 芳, 陆达林, 等. 变质性产品零售商联合采购与运输联盟的稳定性分析. 工业工程, 2016, 19(3): 18–23.
Xiao D, Liu F, Lu D L, et al. An analysis of stability of retailers' joint purchasing and transportation coalition for deteriorating items. Industrial Engineering Journal, 2016, 19(3): 18–23. (in Chinese)
- [5] 肖 旦, 周永务, 范丽繁, 等. 改良技术共享下改良品联合采购联盟的竞合博弈研究. 中国管理科学, 2019, 27(2): 132–140.
Xiao D, Zhou Y W, Fan L L, et al. Co-opetition game analysis of joint purchasing coalition of ameliorating items with ameliorating technology sharing. Chinese Journal of Management Science, 2019, 27(2): 132–140. (in Chinese)
- [6] Meca A, Timmer J, García-Jurado I, et al. Inventory games. European Journal of Operational Research, 2004, 156(1): 127–139.
- [7] Meca A, García-Jurado I, Borm P. Cooperation and competition in inventory games. Mathematical Methods of Operations Research, 2003, 57(3): 481–493.
- [8] Meca A, Guardiola L A, Toledo A. P-additive games: A class of totally balanced games arising from inventory situations with temporary discounts. Top, 2007, 15(2): 322–340.
- [9] 张云丰, 王 勇, 龚本刚, 等. 非瞬时补货下改良品联合采购决策. 中国管理科学, 2016, 24(10): 124–132.
Zhang Y F, Wang Y, Gong B G, et al. Research of amelioration items joint purchasing decision with non-instantaneous replenishment. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(10): 124–132. (in Chinese)
- [10] 张云丰, 王 勇, 龚本刚, 等. 考虑缺货与价格折扣的改良品供应链横向协调研究. 计算机集成制造系统, 2018, 24(4): 199–208.
Zhang Y F, Wang Y, Gong B G, et al. Supply chain horizontal coordination for amelioration items considering allowed shortage and price discount. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(4): 199–208. (in Chinese)
- [11] 张云丰, 王 勇, 龚本刚, 等. 考虑信用销售的改良品联合采购决策. 中国管理科学, 2018, 26 (7): 87–99.
Zhang Y F, Wang Y, Gong B G, et al. The decision-making of joint purchasing for amelioration items considering credit sales. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26 (7): 87–99. (in Chinese)
- [12] 钟德强, 罗定提, 仲伟俊. 数量折扣与联合采购战略价值分析. 系统工程, 2004, 22(8): 33–38.
Zhong D Q, Luo D T, Zhong W J. A study of quantity discount and combine order Systems Engineering, 2004, 22(8): 33–38. (in Chinese)
- [13] 冯海荣, 曾银莲. 线性数量折扣下零售商合作的联盟稳定性研究. 系统科学与数学, 2018, 38(9): 989–1004.
Feng H R, Zeng Y L. Cost allocation and coalition stability for collaborative procurement with linear quantity discount. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2018, 38(9): 989–1004. (in Chinese)

- [14] 洪定军, 马永开, 倪得兵. 灰色市场环境下供应链协调的补偿策略研究. 系统工程学报, 2018, 33(1): 103–115.
Hong D J, Ma Y K, Ni D B. Compensation strategy for supply chain coordination in gray markets, Journal of System Engineering, 2018, 33(1): 103–115. (in Chinese)
- [15] Hoque M A. An optimal solution technique for the joint replenishment problem with storage and transport capacities and budget constraints. European Journal of Operational Research, 2006, 175(2): 1033–1042.
- [16] Porras E, Dekker R. An efficient optimal solution method for the joint replenishment problem with minimum order quantities. European Journal of Operational Research, 2006, 174(3): 1595–1615.
- [17] Fredo S, Jan T, Luitzen B. Critical success factors for managing purchasing groups. Journal of Purchasing & Supply Management, 2010, 16(1): 51–60.
- [18] Sosic G. Transshipment of inventories among retailers: Myopic vs. farsighted stability. Management Science, 2006, 52(10): 1493–1508.
- [19] 刘书庆, 杨帆. 虚拟企业设计合作伙伴利益分配方案及其应用. 工业工程, 2009, 12(1): 92–100.
Liu S Q, Yang F. Application research on the benefit allocation project for design partners of virtual enterprises. Industrial Engineering Journal, 2009, 12(1): 92–100. (in Chinese)
- [20] 习怡衡, 程延园. 基于供应链合作伙伴关系的利益分配机制研究. 统计与决策, 2019, 35(5): 59–63.
Xi Y H, Cheng Y Y. Research on benefit distribution mechanism based on supply chain partnership. Statistics & Decision, 2019, 35(5): 59–63. (in Chinese)
- [21] 郑文军, 张旭梅, 刘飞, 等. 敏捷虚拟企业利润分配机制研究. 管理工程学报, 2001, 15(1): 26–28.
Zheng W J, Zhang X M, Liu F, et al. Research of profit distributing mechanism of virtual enterprise. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2001, 15(1): 26–28. (in Chinese)
- [22] Sun D Q, Ma X Y, Wang D J, et al. Principal-agent problem for returns handling in a reverse supply chain with one manufacturer and two competing dealers. Applied Mathematical Modelling, 2019, 66(2): 118–140.
- [23] 贺竹磬, 孙林岩, 宫俊涛. 联合运输利益分配策略. 交通运输工程学报, 2005, 5(3): 122–126.
He Z Q, Sun L Y, Gong J T. Profit distribution tactics of intermodal transportation. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(3): 122–126. (in Chinese)
- [24] 王若钢, 冯英俊. 虚拟物流企业联盟的利益分配策略研究. 控制与决策, 2008, 23(10): 1087–1091.
Wang R Q, Feng Y J. Research on profit distribution of virtual alliance. Control and Decision, 2008, 23(10): 1087–1091. (in Chinese)
- [25] 田帅辉, 王旭, 常兰. 物流资源整合系统的两阶段利益分配策略研究. 计算机工程与应用, 2014, 50(3): 265–270.
Tian S H, Wang X, Chang L. Research on two-stage profit distribution of logistics resources integrated system. Computer Engineering and Applications, 2014, 50(3): 265–270. (in Chinese)
- [26] Wang J, Huang Q, Hu W H, et al. Ensuring profitability of retailers via Shapley value based demand response. Electrical Power and Energy Systems, 2019, 108(6): 72–85.
- [27] Kamiyama N, Kawahara R, Hasegawa H. Optimum profit allocation in coalitional VoD service. Computer Networks, 2013, 57(15): 3081–3097.
- [28] 王鹏, 陈向东. 基于改进夏普利值的物流企业战略联盟利益分配机制研究. 统计与决策, 2011(12): 48–50.
Wang P, Cheng X D. Research on benefit distribution mechanism of strategic alliance of logistics enterprises based on improved Shapley value. Statistics & Decision, 2011(12): 48–50. (in Chinese)
- [29] 王选飞, 吴应良, 黄媛. 基于合作博弈的移动支付商业模式动态联盟企业利益分配研究. 运筹与管理, 2017, 26(7): 29–38.
Wang X F, Wu Y L, Huang Y. Research on the benefit distribution of dynamic alliance enterprise mobile payment business model based on cooperative game. Operation Research and Management Science, 2017, 26(7): 29–38. (in Chinese)
- [30] 代建生, 范波. 基于纳什谈判的合作研发利益分配模型. 研究与发展管理, 2015, 27(1): 35–43.
Dai J S, Fan B. Profit distribution model of collaborative R&D based on Nash bargaining. R&D Management, 2015, 27(1): 35–43. (in Chinese)
- [31] Liua S, Papageorgiou L G. Fair profit distribution in multi-echelon supply chains via transfer prices. Omega, 2018, 80(10): 77–94.
- [32] Nash J R. Essays on Game Theory. UK: Edward Elgar, 1996.
- [33] 张延锋, 刘益, 李垣. 战略联盟价值创造与分配分析. 管理工程学报, 2003, 17(2): 20–23.
Zhang Y F, Liu Y, Li Y. An analyse of value creation and distribution in the strategic alliance. Journal of Industrial Engineering & Engineering Management, 2003, 17(2): 20–23. (in Chinese)