

文章编号: 1001-0920(2011)03-0433-06

可分离物品多属性多源采购的优化决策模型

饶从军^{1,2}, 赵勇¹, 李武¹

(1. 华中科技大学 系统工程研究所, 武汉 430074; 2. 黄冈师范学院 数学与信息科学学院, 湖北 黄冈 438000)

摘要: 以可分离物品的采购问题为实际背景, 提出了可分离物品多属性多源采购的优化决策模型. 首先在多属性信息下定义了采购商和供应商的效用函数; 然后以社会福利最大化为目标, 以市场出清价格为歧视性价格和统一价格两种不同形式分别构建了可分离物品多属性多源采购的供应商优选模型, 通过求解模型得出最优的供应商和相应的供应量; 最后, 给出了一个电煤多属性多源采购的应用实例, 表明了所设计的可分离物品采购决策方法的可行性和合理性.

关键词: 可分离物品; 多属性多源采购; 供应商选择

中图分类号: F253.2; F224

文献标识码: A

Optimization decision models of multi-attribute and multi-source procurement for divisible goods

RAO Cong-jun^{1,2}, ZHAO Yong¹, LI Wu¹

(1. Institute of Systems Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. College of Mathematics and Information Science, Huanggang Normal University, Huanggang 438000, China. Correspondent: RAO Cong-jun, E-mail: cjrao@163.com)

Abstract: Optimization decision models of multi-attribute and multi-source procurement for divisible goods are presented under the background of procuring the divisible goods. Firstly, the buyer's utility function and the supplier's utility function are defined under the information of multi-attribute. Then, aiming at maximizing social welfare, two optimization models of selecting the suppliers in multi-source procurement of divisible goods are established based on the discriminatory price and uniform price respectively. By solving these models, the optimal suppliers and the optimal allocation strategies are obtained. Finally, a multi-attribute and multi-source procurement example about steam coal shows the feasibility and rationality of the proposed model.

Key words: divisible goods; multi-attribute and multi-source procurement; supplier selection

1 引言

供应商选择问题是企业供应链管理的核心内容. 科学合理地选择供应商不仅能降低采购成本和风险、提高产品质量, 而且还能增强供应链的市场竞争力. 随着采购经济的出现和电子商务的迅猛发展, 特别是网上采购的广泛应用, 仅以价格作为供应商选择的唯一准则已经不能满足许多行业采购的实际需要. 实际中, 为了确定获胜者状态, 除了考虑价格属性外, 还要考虑其他非价格属性, 诸如产品的交货日期、各种质量参数、信用等级、售后服务、信誉度等^[1-3]. 因此, 在多属性信息环境下研究供应商的选择问题尤为

重要.

关于供应商选择问题, 国内外许多学者对此进行了研究, 并提出了一些有价值的定性或定量的方法, 如 TOPSIS 选择法^[4-6]、层次分析法^[7]、数据包络分析法^[8]、面向顾客需求的评价方法^[9]和运筹学方法^[10-12]等. 但现有的这些研究成果一般是以价格作为供应商选择的准则, 且给出的供应商选择的结果是仅选择一个供应商, 因而不能很好地反映现实供应链体系中物资供应过程中的空间广度, 以及不能很好地满足在物资来源多角度性环境下同时选择多个供应商的需要.

收稿日期: 2009-11-21; 修回日期: 2010-03-24.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70771041); 华中科技大学研究生科技创新基金项目(HF-06-007-08-184); 湖北省教育厅优秀中青年人才项目(Q20102904).

作者简介: 饶从军(1979—), 男, 讲师, 博士, 从事决策理论与方法、系统控制与优化等研究; 赵勇(1967—), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策分析的研究.

在多属性信息环境下同时选择多个供应商的采购称为多属性多源采购. 采购商进行多属性多源采购的出发点之一是: 对于采购商而言, 某产品在特定时间内需求量比较大, 任何一个单独的供应商在规定时间内都不能满足企业的需要, 因而采购商必须扩大采购范围, 吸引更多的供应商来提供产品. 另外, 在多属性条件下可以全面地优选产品, 提高采购产品的质量. 特别地, 对于煤炭、石油、电力、天然气等一类“稀有”的可分离物品(可分离物品的基本特征是一个单位的物品又可分成许多更小的单元), 其资源配置环节具有自然垄断性的特征. 若缺乏有效的第 3 方(政府或相关管理部门)监管和调控, 资源拥有者(供应商)会在利益最大化的驱动下制定垄断价格, 则其结果会导致消费者剩余或社会福利的减少, 从而大大降低了资源配置的效率^[13]. 因此, 对于这类稀有资源的配置, 本文的采购机制设计的思想是在政府参与监管和调控的前提下, 由采购方进行多属性多源采购. 政府参与监管和调控的目的一方面是为了保护采购方的利益, 通过制定相关的政策条款抑制供应商制定垄断价格进行垄断经营, 同时通过多个供应商参与竞争的方式, 将价格压制到平均成本水平; 另一方面, 为了体现公平性, 也要保护供应商的利益. 因此, 在多属性条件下, 要求采购商在多源采购中进行供应商选择时所依据的目标不能仅仅是采购者本身的效用最大化, 而是要求采购商和供应商的总效用和最大化, 即社会福利最大化.

本文以煤炭、石油、电力、天然气等这类“稀有”可分离物品的采购为研究对象, 在价格和数量属性的基础上, 进一步考虑了诸如各种质量参数、服务水平、供应商信誉等其他属性, 研究了可分离物品多源采购中的供应商选择问题. 以社会福利最大化为目标分别建立了基于歧视性价格和统一价格的可分离物品多属性多源采购的供应商优选模型, 并通过应用实例验证了模型的可行性和合理性. 本文的研究可以为可分离物品的多源采购提供一种新的途径和方法.

2 基本假设和符号说明

假设一个采购商采用多属性多源采购的方式购买 Q_0 个单位的可分离物品. 现有 n 个风险中性的供应商作为采购候选人, 候选人集合记为 $N = \{1, 2, \dots, n\}$. 采购物品的属性集合记为 $A = \{p, q, A_1, A_2, \dots, A_m\}$. 其中: p 为价格属性(1 个单位物品的价格); q 为数量属性(供应商的供货数量); A_1, A_2, \dots, A_m 为 m 个除价格和数量以外的其他属性, 本文定义为质量属性, 如研发周期、交货时间、各种质量参数、服务质量、供应商信誉等. 在实际应用中, 可根据具体的物品确定属性集合 A .

在多属性多源采购决策中, 假设供应商 i ($i \in N$) 以成本 $C_i(q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$ 提交的属性值向量为 $(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$. 其中: $p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$ 分别为属性 $p, q, A_1, A_2, \dots, A_m$ 的属性值大小. 为了简化分析, 假设 m 个质量属性是连续非负的变量(下文中的成本和效用是非负的实数), 且属性值 $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$ 越大, 表明产品的质量越好(这类属性称为“效益型”属性). 因此, 导致供应商的成本越高, 但带来采购商的效用越大. 值得注意的是, 在实际中存在着相反的情形, 即质量属性值越小, 产品质量越高, 如在国际物流供应链领域, 一项服务的属性可用交货时间、路程长度和价格来刻画. 对于交货时间、路程长度这类属性(称为“成本型”属性), 为了建立他们与服务质量之间正的函数关系(指属性值越大, 服务质量越高), 通常在实际取值时, 取 $a_{ij} = 1/\text{交货时间}$ 和 $a_{ij} = 1/\text{路程长度}$.

定义 1 设供应商 i ($i \in N$) 的成本函数对属性是可加的, 并且单位数量的物品产生的成本定义为 $\sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij})$, 则数量为 q_i 的物品产生的总成本为

$$C_i(q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = q_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}).$$

其中: $c_{ij}(\cdot)$ 为供应商关于属性 A_j ($j = 1, 2, \dots, m$) 的成本函数, 它关于属性值 a_{ij} 是递增的、凸的且在 a_{ij} 处是二次连续可微的. $c_{ij}(a_{ij})$ 是指当第 j 个质量属性值为 a_{ij} 时供应商 i ($i \in N$) 的成本.

基于上述成本函数 $C_i(q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$, 上报单位物品价格为 p_i , 供货数量为 q_i 的信息为供应商的效用函数, 即

$$\begin{aligned} u_{si}(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = \\ q_i p_i - C_i(q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = \\ q_i p_i - q_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}). \end{aligned} \quad (1)$$

定义 2 假设采购商的效用函数对质量属性 A_1, A_2, \dots, A_m 是可加的, 且单位数量的物品产生的收益定义为 $\sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij})$, 则数量为 q_i 的物品对采购商产生的总收益为

$$v_i(q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}).$$

其中: $v_{ij}(\cdot)$ 为采购商关于属性 A_j ($j = 1, 2, \dots, m$) 的收益函数, 它关于属性值 a_{ij} 是递增的、凹的且在 a_{ij} 处是二次连续可微的.

当供应商 i 递交的第 j 个质量属性值为 a_{ij} 时, 采购商产生的收益为 $v_{ij}(a_{ij})$. 因此, 当提交属性值为

$(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$ 的供应商 i 成为赢者时, 他的效用函数可表示为

$$\begin{aligned}
 &u_{bi}(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = \\
 &v_i(q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) - p_i q_i = \\
 &q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - p_i q_i. \tag{2}
 \end{aligned}$$

显然, 在供应商 i 提交的其他属性值不变的情况下, 采购商的效用随着供应商 i 的报价的增加而减少, 但采购商的效用随着属性 $A_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 的值 a_{ij} 的增大而增大.

3 决策优化模型

在多属性多源采购决策中, 采购商首先公布对所采购物品的基本要求, 然后 n 个供应商向采购商提交属性值集合 $(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}), i = 1, 2, \dots, n$. 本文的任务是设计一个供应商选择方法来优选供应商 (优选出的供应商称为赢者), 并计算出每个赢者所分配的允许供货数量.

下面引入变量 $x_i (x_i \in [0, 1])$, 表示供应商 i 的最终赢出状态, 其定义如下:

定义3 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 称为供应商的赢出状态向量, x_i 称为供应商 i 的最终赢出状态值, 其中:

- 1) 当 $x_i = 1$ 时, 表示供应商全额赢出, 即以单位价格 p_i 供给采购商 q_i 单位的物品;
- 2) 当 $x_i = 0$ 时, 表示供应商没有赢出;
- 3) 当 $0 < x_i < 1$ 时, 表示供应商部分赢出, 即以单位价格 p_i 供给采购商 $x_i q_i$ 数量的物品.

在实际决策中, 还应进一步考虑其他条件的约束, 这些约束条件统一记成 $x \in \Phi$, 例如:

1) 采购商为了实现利益最大化的目标, 一般会限定供应商提交的单位物品价格不能高于一个固定的数值, 即 $p_i \leq H (i = 1, 2, \dots, n)$, 其中 H 为采购商规定的最高限价. 同时, 供应商为了实现自己的利益最大化的目标, 其提交的报价也不会低于某一数值 L , 即有 $p_i \geq L (i = 1, 2, \dots, n)$.

2) 采购商为了拓展自己的业务, 需要寻找更多的合作伙伴建立更广泛的合作关系, 因此对个体供应商投标数量进行限制, 使得更多供应商有机会赢出, 即 $x_i q_i \leq q_{\max}$, 其中 q_{\max} 为限定的供应商最大供应数量.

3) 供应商的交货时间限制, 如交货时间 $a_{ij} \leq T$, 其中 T 为采购商限定供应商的交货时间上限.

实际上, 采购商规定的最高限价 H , 供应商的交货时间上限 T 等基本规则都会在供应商提交属性值信息前公布. 采购商将对供应商提交的属性值信息进

行初步审查, 违反基本规则的供应商将会首先被淘汰.

基于采购商和供应商效用的定义, 采购商获得的总效用为

$$\begin{aligned}
 u_b &= \sum_{i=1}^n x_i u_{bi}(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = \\
 &\sum_{i=1}^n \left[q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - p_i q_i \right] x_i.
 \end{aligned}$$

n 个供应商的总效用为

$$\begin{aligned}
 u_s &= \sum_{i=1}^n x_i u_{si}(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) = \\
 &\sum_{i=1}^n \left[q_i p_i - q_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] x_i.
 \end{aligned}$$

供应商优选决策的目标是实现社会福利的最大化, 即最大化采购商和供应商总效用的加权和和社会总效用 u , 即

$$\max u = \lambda u_b + (1 - \lambda) u_s.$$

其中: $\lambda (0 \leq \lambda \leq 1)$ 表示采购商效用在社会总效用中的权重, 反应了政府对采购商利益的重视程度 (政府在实际监管中, 对弱势企业的利益重视程度可偏大一些, 同时对于强势的稀有资源拥有者的利益重视程度可偏小一些). 于是得到如下优化问题 D_1 :

$$\begin{aligned}
 &\max \sum_{i=1}^n \left\{ \lambda \left[q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - p_i q_i \right] x_i + \right. \\
 &\quad \left. (1 - \lambda) \left[q_i p_i - q_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] x_i \right\}. \\
 &\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n q_i x_i = Q_0; \\
 &\quad u_{si} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\
 &\quad u_{bi} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\
 &\quad 0 \leq x_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\
 &\quad x \in \Phi.
 \end{aligned}$$

显然, 当所有供应商都提交属性值向量后, p_i, q_i, a_{ij} 都是已知数; Q_0, v_{ij} 及约束条件 $x \in \Phi$ 是采购商给定的; c_{ij} 是供应商给定的. 只要给定 λ , 便可通过求解线性规划 D_1 , 最终可求得供应商的赢出状态向量 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

对于优化问题 D_1 的出清价格 p_i , 下面按照歧视性价格和统一价格两种类型进行讨论.

3.1 基于歧视性价格的优化决策模型

假设采购商按照歧视性价格的方式采购物品, 即当供应商 i 提交属性值信息 $(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) (i = 1, 2, \dots, n)$ 后, 若供应商 i 赢出, 其赢出状态为 x_i , 则最终他以单位价格 p_i 供给采购商数量为 $x_i q_i$ 的物品. 这意味着供应商最终以他自己最初的报价来供

给采购商物品. 实质上, 当 D_1 的价格参数 p_i 指的是各供应商最初提交的属性值信息中的价格时, D_1 描述的就是一个基于歧视性价格的优化决策模型.

值得注意的是, 当某个供应商 k ($k \in N$) 提交的属性值信息为 $(p_k, q_k, a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{km})$ 时, 如果求得某个供应商的赢出状态是 $x_k \in (0, 1)$, 例如 $x_k = 0.6$, 其含义仅是指供应商 k 最终以价格 p_k 供给采购商数量为 $0.6q_k$ 的物品, 并不是说供应商最终提供给采购商的单位物品价格为 $0.6p_k$, 也不是说供应商最终提供给采购商的质量属性值为 $0.6a_{kj}$ ($j = 1, 2, \dots, m$). 例如: 供应商初始提交的属性值信息中交货时间为 10 天, 并不是说最终的交货时间缩短为 $0.6 \times 10 = 6$ 天.

3.2 基于统一价格的优化决策模型

假设采购商依据供应商 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 提交的属性值信息 $(p_i, q_i, a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$, 以统一价格 p 来分配最终的总采购量 Q_0 . 事先假定 $p \in [L, H]$, 在实际决策中, 取 $L = \min_i p_i$, $H = \max_i p_i$, 其中 p_i 为供应商 i 提交上来的单位价格属性值. 在此种规则下, 可将优化问题 D_1 中的市场出清价格由歧视性价格 p_i 变成统一价格 p . 于是可得到如下非线性规划 D_2 :

$$\begin{aligned} & \max \left\{ \lambda \left[q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - pq_i \right] x_i + \right. \\ & \quad \left. (1 - \lambda) \left[pq_i - q_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] x_i \right\}. \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n q_i x_i = Q_0; \\ & u_{si} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\ & u_{bi} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\ & 0 \leq x_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; \\ & \min_i p_i \leq p \leq \max_i p_i; \\ & x \in \Phi. \end{aligned}$$

其中 p 为市场出清价格. D_2 描述的是一个基于统一价格的优化模型. 在 D_2 存在可行解的前提下, 通过求解 D_2 可得供应商的赢出状态向量 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. 在此机制下, 无论供应商 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 最初提交的报价 p_i 是多少, 最终每个中标的供应商都以统一价格 p 为采购商供货, 其中供应商 i 供给采购商的货物总量是 $x_i q_i$.

下面进一步讨论市场出清价格.

定理 1 对于基于统一价格的优化模型 D_2 , 设所有供应商提交的属性值中单位物品价格最小值和最大值分别为: $L = \min_i p_i$, $H = \max_i p_i$, 则有如下结论:

1) 当权重 $\lambda < 1/2$ 时, 市场出清价格为

$$p^* = H = \max_i p_i;$$

2) 当权重 $\lambda > 1/2$ 时, 市场出清价格为

$$p^* = L = \min_i p_i.$$

证明 D_2 的目标函数为

$$\begin{aligned} u = & \sum_{i=1}^n \left\{ \lambda \left[q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - pq_i \right] x_i + \right. \\ & \left. (1 - \lambda) \left[pq_i - q_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] x_i \right\} = \\ & \sum_{i=1}^n \left[\lambda x_i q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - (1 - \lambda) q_i x_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] + \\ & \sum_{i=1}^n [(1 - \lambda) pq_i x_i - \lambda pq_i x_i] = \\ & \sum_{i=1}^n \left[\lambda x_i q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - (1 - \lambda) q_i x_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] + \\ & p \sum_{i=1}^n (1 - 2\lambda) q_i x_i. \end{aligned}$$

令

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \left[\lambda x_i q_i \sum_{j=1}^m v_{ij}(a_{ij}) - (1 - \lambda) q_i x_i \sum_{j=1}^m c_{ij}(a_{ij}) \right] = B_1, \\ & p \sum_{i=1}^n (1 - 2\lambda) q_i x_i = B_2, \end{aligned}$$

则 $u = B_1 + B_2$. 在供应商选择决策中, 社会总效用须满足 $u > 0$. 下面分两种情况进行讨论:

1) 当 $1 - 2\lambda > 0$, 即当 $\lambda < 1/2$ 时, 有 $B_2 > 0$. 此时在满足 $B_1 + B_2 > 0$ 的情况下, 社会总效用 u 是统一价格 p 的增函数, 而约束条件 $\min_i p_i \leq p \leq \max_i p_i$, 故出清价格 $p = \max_i p_i$ 可实现社会总效用的最大化.

2) 当 $1 - 2\lambda < 0$, 即当 $\lambda > 1/2$ 时, 有 $B_2 < 0$. 此时在满足 $B_1 + B_2 > 0$ 的情况下, 社会总效用 u 是统一价格 p 的减函数, 同样由约束条件 $\min_i p_i \leq p \leq \max_i p_i$, 可得出清价格 $p = \min_i p_i$, 此时也可实现社会总效用的最大化. \square

从定理 1 的结论可以看出, 当决策人(政府)对采购商和供应商利益的重视程度不同时, 最终的物品市场出清价格也不同. 因此, 在实际决策中, 采购商必须制定合理的报价原则, 积极引导供应商在符合市场规律前提下理性报价, 从而能更好地实现采购商和供应商利益上的“双赢”和社会福利的最大化.

4 应用实例

设某电厂需采购 350t 电煤用于发电. 现有 5 个供应商参与竞争, 供应商集合记为 $N = \{1, 2, \dots, 5\}$.

所考虑的属性为 $A = \{p_i, q_i, A_1, A_2\}$. 其中: P_i 为每吨电煤的价格, 单位: 元/t. q_i 为供货数量, 单位: t. A_1 为挥发分, 用百分数表示. 挥发分是判别煤炭着火特性的首要指标. 挥发分含量越高, 着火越容易. 根据电厂的锅炉设计要求, 供煤挥发分的值变化不宜太大, 否则会影响锅炉正常运行. A_2 为发热量, 单位: 10^2 卡/g. 发热量是锅炉设计的一个重要依据. 由于电厂煤粉对煤种适应性较强, 只要煤的发热量与锅炉设计要求大体相符即可.

5个供应商的最终提交的属性值信息如下:

供应商 1: $(p_1, q_1, a_{11}, a_{12}) = (100, 100, 25, 55)$;

供应商 2: $(p_2, q_2, a_{21}, a_{22}) = (120, 150, 30, 57)$;

供应商 3: $(p_3, q_3, a_{31}, a_{32}) = (110, 120, 28, 56)$;

供应商 4: $(p_4, q_4, a_{41}, a_{42}) = (90, 130, 24, 56)$;

供应商 5: $(p_5, q_5, a_{51}, a_{52}) = (125, 150, 32, 58)$.

供应商的效用函数设为

$$u_{si} = q_i \left(p_i - \sum_{j=1}^2 \theta_i k_j a_{ij} \right), i = 1, 2, \dots, 5.$$

其中: θ_i 为供应商 i 的成本效率参数; k_j 为供应商给定的质量属性系数, 本例中取: $\theta_1 = 1, \theta_2 = 2, \theta_3 = 1.5, \theta_4 = 1.2, \theta_5 = 1.8; k_1 = 0.1, k_2 = 0.2$.

采购商的效用函数设为

$$u_{bi} = q_i \left(\sum_{j=1}^2 l_j \sqrt{a_{ij}} - p_i \right), i = 1, 2, \dots, 5.$$

其中: l_j 为采购商给定的质量属性系数, 分别取: $l_1 = 20, l_2 = 15$.

1) 若采用 D_1 描述的基于歧视性价格的优化决策方法, 则需求解如下线性规划:

$$\max \sum_{i=1}^5 \left\{ \lambda \left[\left(\sum_{j=1}^2 l_j \sqrt{a_{ij}} - p_i \right) q_i x_i \right] + (1 - \lambda) \left[q_i x_i \left(p_i - \sum_{j=1}^2 \theta_i k_j a_{ij} \right) \right] \right\}.$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{i=1}^5 q_i x_i = 350; \\ & u_{si} \geq 0, i = 1, 2, \dots, 5; \\ & u_{bi} \geq 0, i = 1, 2, \dots, 5; \\ & 0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, 5. \end{aligned}$$

取权重 $\lambda = 0.6$, 将已知的 $p_i, q_i, a_{ij}, \theta_i, k_i$ 的值代入上述线性规划中, 求解得到采购商的赢出状态值为

$$x_1 = 0.1, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 1, x_5 = 0.8.$$

采购商获得的总效用, n 个供应商的总效用及社会总效用分别为

$$u_b = \sum_{i=1}^5 \left[\left(\sum_{j=1}^2 l_j \sqrt{a_{ij}} - p_i \right) q_i x_i \right] = 39\ 038.95,$$

$$u_s = \sum_{i=1}^5 \left[q_i x_i \left(p_i - \sum_{j=1}^2 \theta_i k_j a_{ij} \right) \right] = 30\ 031.6,$$

$$u = 0.6u_b + 0.4u_s = 35\ 436.01.$$

依据上述结果可得供应商的最终供应情况如下: 供应商 1 以单位价格 100 元供给电厂 100t 电煤; 供应商 4 以单位价格 90 元供给电厂 130t 电煤; 供应商 5 以单位价格 125 元供给电厂 $0.8 \times q_5 = 120$ t 电煤; 供应商 2 和供应商 3 没有中标.

2) 若采用 D_2 描述的基于统一价格的优化决策方法, 则需求解如下非线性规划:

$$\max \sum_{i=1}^5 \left\{ \lambda \left[\left(\sum_{j=1}^2 l_j \sqrt{a_{ij}} - p \right) q_i x_i \right] + (1 - \lambda) \left[q_i x_i \left(p - \sum_{j=1}^2 \theta_i k_j a_{ij} \right) \right] \right\}.$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{i=1}^5 q_i x_i = 350; \\ & u_{si} \geq 0, i = 1, 2, \dots, 5; \\ & u_{bi} \geq 0, i = 1, 2, \dots, 5; \\ & 0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, 5; \\ & 90 \leq p \leq 125. \end{aligned}$$

取权重 $\lambda = 0.6$, 将已知的 $p_i, q_i, a_{ij}, \theta_i, k_i$ 的值代入其中, 求解得到采购商的赢出状态值为

$$x_1 = 0, x_2 = 0.533, x_3 = 1, x_4 = 0, x_5 = 1,$$

市场出清价格为 $p = 90$.

采购商获得的总效用、 n 个供应商的总效用及社会总效用分别为

$$u_b = 46\ 598.99, u_s = 22\ 680, u = 37\ 031.39.$$

供应商的最终供应情况如下: 供应商 2 以单位价格 120 元供给电厂 $0.5333 \times q_2 \approx 80$ t 电煤; 供应商 3 以单位价格 90 元供给电厂 120t 电煤; 供应商 5 以单位价格 125 元供给电厂 150t 电煤; 供应商 1 和供应商 4 没有中标.

分析本例中两种不同决策方法的结果, 可以得出: 采用统一价格形式给采购商带来的效用以及产生的社会总效用比歧视性价格形式的大. 从这两方面看, 基于统一价格的采购方法要优于基于歧视性价格的采购方法. 但歧视性价格形式给供应商带来的总效用比统一价格形式的大. 因此, 在具体应用中, 应视决策的具体环境和决策的最终目标来确定使用哪种方式进行采购. 实际上, 基于统一价格的采购方法比基于歧视性价格的采购方法更具吸引力, 这是因为统一价格没有歧视价格中存在的赢者“责难问题”(赢者事后可能会面对上级领导的责问: “同样的东西, 你卖出的

价格为什么比别人的低?”).

5 结 论

本文按照出清价格的不同类型,基于歧视性价格和统一价格的两种形式给出了可分离物品多属性多源采购的供应商优选模型,该模型具有如下特点:

1) 供应商赢者优选的目标兼顾了采购商和供应商双方的利益最大化要求,注重实现交易各方的“共赢”和社会福利的最大化,改进了传统研究中片面追求主方(采购商)的利益最大化而忽视从方(供应商)利益的不足.

2) 采购模型中通过引入赢者状态向量,使得决策过程更灵活、更实用,同时体现了该多源采购形式在竞争中重视合作关系的特点,使得采购商能更好地拓展自己的业务范围和建立更广泛的合作关系.

3) 提出了基于歧视性价格和统一价格的两种多属性多源采购决策模型,为一类“稀有”可分离物品的采购实践提供了两种新的途径.在实际应用中,可视采购物品的实际情况和具体的决策环境合理选择有效的采购方式.

另外,本文设计的采购决策方法计算简单,可操作性强,具有较好的应用价值.下一步的研究工作将基于本文提出的采购方法,进一步深入研究基于多属性拍卖的采购机制设计,并分析和设计面向电子采购的交互式多属性电子拍卖系统.

参考文献(References)

- [1] 唐加福,张艳娥,董颖.一供应商参与的部件设计方案的模糊综合评判[J].控制与决策,2006,21(5):576-579.
(Tang J F, Zhang Y E, Dong Y. Fuzzy synthesis evaluation of parts design scheme in supplier involved product development[J]. Control and Decision, 2006, 21(5): 576-579.)
- [2] 陈静杰,王扶东,朱云龙,等.基于群决策的供应链伙伴选择与评价过程[J].控制与决策,2002,17(1):690-694.
(Chen J J, Wang F D, Zhu Y L, et al. Process of supply chain partner selection and evaluation based on group decision making[J]. Control and Decision, 2002, 17(1): 690-694.)
- [3] 汪勇,张刚,张百棧.改进的进化规划算法及其在采购方案优化中的应用[J].系统工程理论与实践,2009,29(6):172-177.
(Wang Y, Zhang G, Zhang B Z. Improved algorithm of

evolutionary programming and its application research on optimization of ordering plan[J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2009, 29(6): 172-177.)

- [4] 李武,岳超源,陈阳.基于群体理想解的供应商选择多属性决策[J].华中科技大学学报:自然科学版,2008,36(10):45-47.
(Li W, Yue C Y, Chen Y. Multi-attribute decision-making for vendor selection based on group's ideal solutions[J]. J of Huazhong University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2008, 36(10): 45-47.)
- [5] 李武,张启峰,饶从军.加权序数偏好下多属性群决策的TOPSIS法[J].华中科技大学学报:自然科学版,2009,37(1):77-80.
(Li W, Zhang Q F, Rao C J. TOPSIS algorithm for multi-attribute group decision-making with weighted ordinal preferences[J]. J of Huazhong University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2009, 37(1): 77-80.)
- [6] Deng H P, Yeh C H, Willis R J. Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weighs[J]. Computer Operations Research, 2000, 27(10): 963-973.
- [7] Satty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: Mc Graw-Hill, 1980.
- [8] Satty T L, Alexander J M. Thinking with models: Mathematical models in the physical, biological and social sciences[M]. London: Pergamon Press, 1981.
- [9] Dobler D W, Lee L, Burt N. Purchasing and materials management: Text and cases[M]. New York: Mc Graw-Hill, 1990.
- [10] Willis H T, Huston R C, Pohlkamp F. Evaluation measures of just in time supplier performance[J]. Production and Inventory Management J, 1993, 34(2): 1-5.
- [11] Weber C A, Currant J R. A multi-objective approach to vendor selection[J]. European J of Operational Research, 2003, 68(2): 173-184.
- [12] Kaslnqam R, Glee C P. Selection of vendors—A mixed-integer programming approach[J]. Computers and Industrial Engineering, 2006, 31(1): 347-350.
- [13] 王先甲,韩东,殷红,等.区域配电服务特许经营权竞标机制设计[J].中国电机工程学报,2006,26(20):39-44.
(Wang X J, Han D, Yin H, et al. Mechanism design for franchise bidding in regional district distribution service[J]. Proc of the CSEE, 2006, 26(20): 39-44.)