

# 货物采购竞标交易模式研究

梁焯然\*, 马艺文

贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年2月23日; 录用日期: 2024年3月13日; 发布日期: 2024年5月16日

## 摘要

货物采购涉及供货人、承运商和采购人等交易主体, 货物到岸价涉及货物原产地售价与物流费用两项, 货源及运输路径的决策是降低综合采购成本的关键, 是一个包含多源异质数据为一体的复杂网络决策问题, 传统采购是由各交易主体通过询价、比价分别做出采购决策的模式, 面临信息不对称和高昂的信息搜寻等交易成本, 使得构建高效的货物采购综合决策机制成为挑战。本文以多源异构数据融合为支撑, 针对运输网络下货物采购交易结构, 通过设计多方竞价交易机制、分配规则, 使说实话成为各方交易人的弱占优策略以此降低交易者的信息搜集成本、人工成本和差旅成本等交易成本, 本文提出的交易机制能够及时反映市场各类交易信息, 快速达成交易匹配从而实现市场资源的合理配置。

## 关键词

货物采购, 运输, 竞标交易, VCG机制

# Study on the Competitive Bidding Transaction Model for the Procurement of Goods

Zhuoran Liang\*, Yiwen Ma

School of Management of Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2024; accepted: Mar. 13<sup>th</sup>, 2024; published: May 16<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The procurement of goods involves suppliers, carriers and purchasers, etc. CIF involves the selling price of goods at the place of origin and logistics cost. The decision of the source of goods and

\*第一作者。

文章引用: 梁焯然, 马艺文. 货物采购竞标交易模式研究[J]. 电子商务评论, 2024, 13(2): 1447-1456.

DOI: 10.12677/ecl.2024.132178

transportation path is the key to reducing the comprehensive procurement cost, and it is a complex network decision problem that includes multi-source heterogeneous data. Traditional procurement is a mode in which each transaction subject makes purchasing decisions respectively through inquiry and price comparison. Faced with transaction costs such as information asymmetry and high information search, it becomes a challenge to build an efficient comprehensive decision-making mechanism for goods procurement. In this paper, supported by multi-source heterogeneous data fusion, aiming at the transaction structure of goods procurement under the transport network, the multi-party bidding trading mechanism and distribution rules are designed to make truth-telling become the dominant strategy of traders of all parties to reduce the transaction costs of traders such as information collection costs, labor costs, and travel costs. The trading mechanism proposed in this paper can reflect all kinds of trading information in the market promptly, and can also help to quickly reach a deal matching and thus realize the rational allocation of market resources.

## Keywords

Goods Purchase, Transport, Bidding Transaction, VCG Mechanism

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

全球一体化的推进不断促使企业提升其供应链采购水平。为了实现更好的发展,企业必须提升其供应链采购能力,这已成为当前内控的关键需求。仓库周转率、原材料交付率、订单交付率和库存水平等指标可以有效展现供应链采购流程的合理性和有效性。随着企业规模的扩张和产品种类的增多,供应环节的运转情况对企业的健康发展至关重要。此外,在战略层面上,改进供应链采购能力可以推动企业节约资金、降低成本,并提升竞争力。在采购决策中,货物采购综合成本的最低化是至关重要的,其中采购成本等于出厂价加上物流成本。传统的采购模式是由各交易主体通过询价、比价分别做出采购决策的方式,然而这种模式面临着信息不对称和高昂的信息搜寻等交易成本的挑战。当市场中涉及多个供应链节点的多源供给方存在复杂的组合可能性时,传统采购模式由于无法处理庞大的交易数据,只能在基于局部市场的情况下做出采购决策。因此,在多源数据的汇聚支持下,设计新的交易机制以突破信息不对称,并对多源供给网络中的采购组合进行最优决策成为一项重要挑战。随着大数据技术的发展,货物采购在运输网络下也迎来了变革。

国内外相关学者针对采购领域优化决策和新技术运用的创新做了大量研究。Schneider Mark (2015) [1]提出当竞标者厌恶风险时,核心选择拍卖在收益和稳定性方面优于VCG机制,同时有更高概率产生有效配置。周乐欣等(2019) [2]研究了平台物流采购的交易模式,提出了双向竞标交易模式,并验证了新的支付规则的预算平衡性。通过仿真比较了新的交易模式与传统标价和议价模式在相同条件下的交易效率和社会效益。孙畅(2010) [3]认为5G、人工智能等前沿技术对传统物流进行升级和发展使得智慧物流应运而生。周乐欣(2020) [4]提出当市场需求出现变动且运力储备量是刚性时,可以通过引入交割支付交易机制,对多式联运中转二级市场的竞价模型进行重新构建。卫根超(2021) [5]对农业跨境电商的发展过程中存在的市场经济环境、社会分工差异以及市场主体信息不对称问题进行了充分阐述并提出了相应的政策建议。黄逾白(2021) [6]认为通过多渠道获取信息及货比三家的选择平台农产品,保证其安全性来改善跨境电商的信息不对称问题。郭鑫鑫(2021) [7]通过双边交易的定价撮合健康数据所有者与健康数据需求者进行交

易, 改善了健康数据的零散性、隐私性以及潜在的经济社会价值等。赖明辉(2018) [8]等学者对我国企业中基于物流平台的整车运输协作问题进行了研究。提出了针对不完全信息情况下的迭代拍卖机制, 旨在解决多个承运人之间的合作协调。研究表明, 该机制能够确保运输商之间的操作性, 并有效地促进整车运输的协作效率。这项研究对于提升我国企业的物流运输效能具有重要的实践意义。周乐欣(2010) [9]通过精准把握各方交易者心理, 定义赢标偏好型交易者, 并以此证明了市场机制满足激励相容约束、参与理性约束和预算平衡约束[10]。彭安华(2014) [11]在研究中探索了供应链中不确定性因素的来源, 并提出了使用梯形模糊数的方法来描述这些因素。为了得到上下层决策者都能接受的满意解, 文中采用了梯级平均综合法将模糊数转换为精确数。这种方法能够有效解决供应链中的不确定性问题, 为决策提供了可靠的依据。彭安华的研究成果更加清楚的解析了供应链中的不确定性因素, 从而提高供应链的效率和可靠性。Cong Rong-Gang (2014) [12]基于经济实验, 从碳价格、拍卖效率、需求滞留和电力供应波动等角度对比了 3 种可能的碳配额拍卖形式(统一价格拍卖、歧视性价格拍卖和英时钟拍卖)。Minghui Laia, (2017) [13]为解决供应链协调及整车运输空载问题, 提出了一种迭代拍卖方案, 该方案使承运人能够通过迭代的方式交换其运输请求来进行协作。拍卖被证明是激励兼容的、个人理性的、预算平衡的、单调的和收敛的。计算实验表明, 其效率损失较小, 可以显著提高运营商的利润。

通过对国内外文献的梳理, 学者将大数据技术运用到物流效率的提升, 但是将竞价机制应用到物流采购综合效率降低及三方突破信息不对称的全局市场组织的情况还较为欠缺。本文主要创新点为: 1) 运输网络下货物采购及货物运输三方竞价交易, 通过 VCG 竞价交易机制, 促使竞标交易中的各方竞标人说真话, 能够较好地解决货物采购及货物运输中各交易主体之间的信息不对称的问题; 2) 针对多源货物、多路段、多货运承运人、多采购人的采购市场构建了第三方组织者为核心的多对多交易模式。

## 2. 多源数据融合的货物采购决策框架

货物采购通常涉及到一个复杂的网络结构, 由货物生产主体和物流系统主体构成。在这个网络中, 货物的生产环节和物流环节通常涉及多个供应商的参与, 从而使得货物从生产端到运输仓储等供应链条上存在多种可能性。以苹果采购为例, 假设存在 A、B、C、D 四个货源地, 而采购人则分布在不同的地点, 例如 E、F、H。在进行苹果采购时, 采购人除了需要考虑货源地的苹果报价, 还必须考虑苹果运输到目的地所涉及的多式联运、中转仓储等成本费用。然而, 传统的单个采购人通过询价和比较的方式来决定货源和物流路径存在一些问题。首先, 这种方式会导致较高的交易成本, 包括信息搜集成本、人工成本和差旅成本等。其次, 采购人无法获取全局市场信息, 无法充分了解其他采购者和供应商的交易情况, 从而限制了其决策的准确性和效率。为了解决这些问题, 本研究旨在建设一个货物采购平台, 使得采购方、供货方和货物承运方能够根据心理预估价格直接提交报价向量, 其中包括采购量、货物类型和运输类型等关键信息。通过引入第三方组织者和设计合理的匹配规则, 平台能够高效地将买方和卖方进行配对, 从而降低交易参与者的信息搜集成本、人工处理成本和差旅成本等交易成本。通过该平台, 参与者可以获得更全面和准确的市场信息, 从而更好地评估不同的采购和运输选择。此外, 平台的设计还能够促使参与者提供真实的交易信息, 避免信息不对称问题的出现, 从而提高交易的效率和公平性。这对于优化货物采购和物流运输过程, 提高供应链管理的效果具有重要意义, 并为相关领域的学术研究和实践应用提供了有益的启示。

## 3. 模型建立与机制设计

### 3.1. 问题假设与符号说明

货物的到岸价格定义为: 货物采购价格 + 货物物流价格, 因此, 对货物采购及运输线路的综合考虑,

是货物采购及资源有效配置的关键。模型涉及的变量如表 1 所示。集合  $M = X \cup Y \cup K$ ，为交易主体；供货人  $x$  的竞标信息为  $s_x(r_x, q_x, o_x)$ ，其中， $r_x$  为货物单价， $q_x$  为供给上限， $o_x$  为位置，则生产商集合为： $S = (s_1, s_2, \dots, s_X)$ ；采购人  $y$  的竞标信息为  $b_y(r_y, q_y, o_y, t_y)$ ，其中  $r_y$  为单位货物竞标价格， $q_y$  为需求量， $o_y$  为位置， $t_y$  为采购人  $y$  的需求时点，则所有采购人集合为： $B = (b_1, b_2, \dots, b_Y)$ ；转运人  $k$  的信息为  $h_k(r_k, o_k)$ ，其中  $r_k$  为单位转运价格， $o_k$  为位置，则所有转运人集合为： $H = (h_1, h_2, \dots, h_K)$ ；承运人  $n$  报价  $l_n$  表示其在路段  $(v_\zeta, v_\tau)$  的竞标，其中  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$ 、 $q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$ 、 $t_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  分别表示承运人  $n$  在路段  $(v_\zeta, v_\tau)$  上的单位运价、运力上限和承运时长，则承运人  $n$  的竞标信息  $l_n$  展开表示为：

$$l_n = \left\{ \left( r_{(v_1, v_2)}^n, q_{(v_1, v_2)}^n, t_{(v_1, v_2)}^n \right), \left( r_{(v_1, v_3)}^n, q_{(v_1, v_3)}^n, t_{(v_1, v_3)}^n \right), \dots, \left( r_{(v_1, v_y)}^n, q_{(v_1, v_y)}^n, t_{(v_1, v_y)}^n \right), \left( r_{(v_2, v_3)}^n, q_{(v_2, v_3)}^n, t_{(v_2, v_3)}^n \right), \right. \\ \left. \left( r_{(v_2, v_4)}^n, q_{(v_2, v_4)}^n, t_{(v_2, v_4)}^n \right), \dots, \left( r_{(v_2, v_y)}^n, q_{(v_2, v_y)}^n, t_{(v_2, v_y)}^n \right), \dots, \left( r_{(v_{y-1}, v_y)}^n, q_{(v_{y-1}, v_y)}^n, t_{(v_{y-1}, v_y)}^n \right) \right\}$$

**Table 1.** Description of variable parameters and symbols for multi-source data sources  
**表 1.** 多源数据来源变量参数及符号说明

$X$ : 供货人集合	$r_y$ : 采购人 $y$ 单位报价
$Y$ : 采购人集合	$q_y$ : 采购人 $y$ 采购上限
$N$ : 承运人集合	$o_y$ : 采购人 $y$ 位置信息
$K$ : 转运人集合	$r_k$ : 转运人 $k$ 转运单价
$E$ : 承运路段集合	$t_y$ : 采购人 $y$ 的需求时间
$o_k$ : 转运人 $k$ 的位置信息	$d_x$ : 供货人 $x$ 实际供货量
$d_k$ : 转运人 $k$ 实际中转量	$d_e^n$ : 承运人 $n$ 在边 $e$ 上成交量
$o_x$ : 供货人 $x$ 的位置信息	$r_e^n$ : 承运人 $n$ 路段 $e$ 单位报价
$q_x$ : 供货人 $x$ 的供给上限	$r_x$ : 供货人 $x$ 单位报价
$t_e^n$ : 承运人 $n$ 路段 $e$ 用时	$q_e^n$ : 承运人 $n$ 运量上限

则所有承运人的竞标向量集合为： $L = (l_1, l_2, \dots, l_N)$ ，且若承运人  $n$  不参与某路段  $(v_\zeta, v_\tau)$  的运输时，则  $l_n$  中的  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n, q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n, t_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  三项取值均设为 0。

### 3.1.1.1. 基准支付规则

在多方竞价结构下，我们采用了改良后的 VCG 支付规则即基准支付规则，这样做的目的是克服传统单边 VCG 机制在竞价过程中只反映了一方竞价行为及其信息而可能存在的合谋问题。具体而言，基准支付是一种支付规则，它用于确定每个参与者的支付金额，以反映他们对整个交易过程的影响。经典 VCG 支付规则是一种常用的支付机制，通过将每个参与者的边际贡献考虑在内，计算出每个参与者应该支付或得到的金额。通过综合考虑采购方、供货方和物流方的竞价行为和信息，我们能够确保交易过程的公平性和效率性。通过采用这样的竞价机制，我们能够实现多方之间的博弈和竞争，从而达到平衡各参与方的利益和竞争力。最终的交易价格将是一个经过协商和竞争的均衡结果，既满足了生产厂家、运输方和采购方的利益，又保证了交易过程的公正性。通过采用基准支付规则，并结合适当的分配规则，该竞价机制能够克服传统单边 VCG 机制中可能存在的合谋问题。它考虑了各方的竞价行为和信息，确保了交

易过程的公平性和效率性。在这种机制下, 采购方的报价上限限制了货物的到岸价, 而供货方报价和物流方报价之和则限制了货物到岸价的下限。通过多方的竞价博弈, 最终的交易价格成为平衡生产厂家、运输方和采购方竞争力的均衡结果。对于采购过程的优化具有重要意义。它能够促使各方提供真实信息, 解决采购和物流中的信息不对称问题, 提高交易效率和公平性。

#### 1) 货物承运人获得的支付

规划目标  $\omega$  表示社会最大效益值, 在货物线路运输区间  $(v_\zeta, v_\tau)$  中,  $\omega_{(v_\zeta, v_\tau)}^{n/N} - \omega$  表示除去承运人  $n$  的报价后系统重新分配的社会福利减小量, 则在这个系统中某货物承运人  $n$  在运输区间  $(v_\zeta, v_\tau)$  承运此批次货物所获得的 VCG 支付为:

$$P_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} = a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + \left( \omega_{(v_\zeta, v_\tau)}^{n/N} - \omega \right) \quad (1)$$

#### 2) 供货方获得的支付

下式中  $\omega_{x/X}^y - \omega$  表示, 若供货人  $x$  未能与采购人  $y$  进行交易配对, 则系统为供货人  $x$  与采购人  $y$  重新进行交易人配对后, 整个交易流程中社会福利减小量。在交易配对成功的前提下, 供货方  $x$  从采购人  $y$  获得的支付为:

$$p_x^y = \sum_{n \in N} \sum_{\zeta \in K} a_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot r_x + \left( \omega_{x/X}^y - \omega \right) \quad (2)$$

则供货方  $x$  在本次竞标中所获得的总支付为:

$$P_x = \sum_{y \in Y} \sum_{n \in N} \sum_{\zeta \in K} a_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot r_x + \left( \omega_{x/X}^y - \omega \right) \quad (3)$$

#### 3) 采购人的实际支出

与供货方获得支付的计算方式相同, 采购人对每单位货物实际需要进行支付的费用也与其参与竞标的单位报价  $r_y$  不相关, 由未得标采购人报价来影响中标采购人的实际支出。则其实际支出用数学表达式表示为:

$$R_y = \sum_{n \in N} \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(v_\zeta, v_\tau) \in E} \left( a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot \left( r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + r_{\tau, \tau \in K} \right) + \left( \omega_{(v_\zeta, v_\tau)}^{n/N} - \omega \right) \right) + \sum_{n \in N} \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(v_x, v_\tau) \in E} \left( a_{(v_x, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\tau)}^{nxy} \cdot r_x + \left( \omega_{x/X}^y - \omega \right) \right) \quad (4)$$

#### 4) 交易成功的判决条件

下式中  $\omega - \omega(0, x_{-i})$  表示, 当采购人  $i$  赢得交易并退出市场时, 整个市场社会福利减小量。平台进行供需方撮合后, 对任意一个采购人来说需要最后进行检测交易是否成功, 交易成功的条件为:

$$\begin{aligned} & r_y \cdot q_y - \left( \omega - \omega(0, x_{-i}) \right) - R_y \\ &= r_y \cdot q_y - \left( \omega - \omega(0, x_{-i}) \right) - \sum_{n \in N} \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(v_\zeta, v_\tau) \in E} \left( a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot \left( r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + r_{\tau, \tau \in K} \right) + \left( \omega_{(v_\zeta, v_\tau)}^{n/N} - \omega \right) \right) \\ & \quad + \sum_{n \in N} \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(v_x, v_\tau) \in E} \left( a_{(v_x, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\tau)}^{nxy} \cdot r_x + \left( \omega_{x/X}^y - \omega \right) \right) \\ & \geq 0; \end{aligned}$$

若  $r_y \cdot q_y - \left( \omega - \omega(0, x_{-i}) \right) - R_y < 0$ , 则采购人  $y$  的交易失败。

### 3.1.2. 竞标人策略分析

定理 1: 该机制满足参与理性(IR)分析



证明: 理性参与者在竞价中的好处是多方面的。首先, 他们能够提供真实的信息, 这有助于减少信息不对称问题, 提高交易的透明度和效率。通过提供准确的信息, 理性参与者能够帮助其他参与者做出更明智的决策, 从而促进交易的顺利进行。其次, 理性参与者的行为能够促进有效竞争。他们会根据自身的利益和目标做出最优的决策, 努力争取在竞价中获得最有利的结果。这种竞争会推动市场价格朝着合理的方向变动, 促使市场更加活跃和竞争激烈。此外, 理性参与者的存在也有助于提高资源配置的效率。他们会综合考虑成本、效益和风险等因素, 以最大化自身的利益。通过理性的决策和行动, 他们能够推动资源的有效配置, 使资源得到更合理的利用, 提高整体经济效益。最后, 理性参与者的行为还能够维护市场的公平性。他们不会通过欺骗或不当手段来获取优势或利益, 而是依靠自身的能力和资源来争取公正的结果。这种公平竞争的环境对于各方都是有利的, 能够增加交易的可靠性和信任度。综上所述, 理性参与者在竞价中的行为具有多重好处, 包括提供真实信息、促进有效竞争、提高资源配置效率和维护市场公平性。这些好处有助于实现有效的交易和资源分配, 推动市场的正常运转和经济的发展。在边  $(v_\zeta, v_\tau)$  上承运人得到的支付为他在  $(v_\zeta, v_\tau)$  上不参与此次运输时系统效益的减少量加上他在  $(v_\zeta, v_\tau)$  上的单位报价乘以实际运量。假定该承运人平台竞标过程中的竞标价格为  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$ , 该承运人的单位运输成本为  $c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$ ,  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n \cdot q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + w$  表示该承运人在需要进行货物运输服务的区间  $(v_\zeta, v_\tau)$  上所能获得的报酬, 其中  $w$  表示承运人在区间  $(v_\zeta, v_\tau)$  进行物流运输服务所产生的社会福利值。。分两种情况进行分析, ①  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n < c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  且该承运人作为理性竞标人, 参与竞标的价格一定高于该承运人的成本价格, 与此同时下式无法保证非负:  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n \cdot q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + w - c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n \cdot q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$ 。② 在满足以下式子时  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n > c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$ , 能保证参与三方的收入非负, 即下式成立  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n \cdot q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + w - c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n \cdot q_{(v_\zeta, v_\tau)}^n > 0$ , 由于  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n > c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  的条件限制, 虽然能够确保只要中标就能带给承运人  $n$  正向收益, 但此时承运人  $n$  在  $(v_\zeta, v_\tau)$  运输区间上的赢标概率会远小于当  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n = c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  时承运人在  $(v_\zeta, v_\tau)$  运输区间上的赢标概率; 所以承运方选择  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n = c_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  的报价策略, 既能够保证受益非负, 又能确保赢标概率  $P(r_x)$  不小于  $P(c_x)$ 。综上, 本文所设计的 VCG 支付规则符合参与理性(IR)约束。

定理 2: 该机制满足激励相容约束

证明: 设  $v_y$  为采购人  $y$  对产品的每单位价格的真实估值, 采购数量为  $q_y$ 。当采购人  $y$  的报价等于其真实估值时, 即  $v'_y = v_y$ , 称他为诚实交易人。下面将证明采购人  $y$  在选择高报策略时可能面临负效用风险, 而选择低报策略时可能面临失去真实报价的风险。同样, 对于服务提供方(供货方、货物承运人)也存在类似的情况。当采购人  $y$  采取高报策略时, 即报出较高的价格, 他们可能会面临负效用风险。这是因为高报的价格可能会超过市场价值或竞争对手的报价, 导致采购人  $y$  支付过高的费用。这种情况下, 采购人  $y$  可能会感到后悔或不满, 因为他们没有以更低的价格获得相同的货物或服务。相反, 当采购人  $y$  采取低报策略时, 即报出较低的价格, 他们可能面临失去真实报价的风险。这是因为供货方或货物承运人可能会认为低报的价格不足以覆盖成本或提供合理的利润, 从而选择不参与交易或提供低质量的货物或服务。这种情况下, 采购人  $y$  可能会失去真实报价时可赢得交易的机会, 导致无法获得最佳的交易结果。对于服务提供方而言, 他们也会面临类似的情况。当供货方或货物承运人采取高报策略时, 他们可能会面临采购人选择其他竞争对手的风险, 因为采购人可能会寻求更具竞争力的价格或服务。而当供货方或货物承运人采取低报策略时, 他们可能会面临收入不足或无法覆盖成本的风险, 从而影响其盈利能力和业务发展。因此, 采购人和服务提供方在制定报价策略时都需要权衡风险和利益。他们需要考虑市场价值、竞争对手的报价、成本和利润等因素, 以便做出明智的决策, 获取最佳的交易结果。这需要他们在信息不对称的环境中进行谨慎分析和决策, 以最大程度地减少风险并实现双方的利益最大化。

接下来将证明采购人  $y$  采取诚实报价是占优策略, 具体内容如下:

① 当采购人  $y$  采取高报策略时, 即  $v'_y > v_y$ 。当采取高报策略可以赢得交易时, 由于交易者的目标均

是在保证收益非负的情况下尽可能赢标, 此时面临负效用风险; 当采取高报策略仍然不能赢标时, 其收益为零, 与采取说真话策略时的收益相同, 采用高报策略未能改善其所获得的收益。

② 如果采购人  $y$  采取低报策略, 即  $v'_y < v_y$ , 如果采购人  $y$  采用诚实报价的策略失标时, 他采用低报策略仍然会失标。若采取低报策略并赢标, 则此时采购人  $y$  的效用为:

$$U'_y = \sum_{y \in Y} v_y \cdot q_y - (v'_y \cdot q_y - (\omega' - \omega'(0, x_{-i}))) \quad (5)$$

但同时也面临失标的风险。由于采购人  $y$  采取低报的策略, 他即使赢标, 对市场社会福利的贡献必定下降,  $\omega - \omega(0, x_{-i}) > \omega' - \omega'(0, x_{-i})$ 。因采购商采取低报策略并赢标而导致的效益变化值为:

$$U'_y - U_y = \sum_{y \in Y} v_y \cdot q_y - (v'_y \cdot q_y - (\omega' - \omega'(0, x_{-i}))) + \omega - \omega(0, x_{-i})$$

其中  $\sum v_y \cdot q_y - v'_y \cdot q_y$  为低报策略所带来的收益增加值,  $\sum (\omega - \omega(0, x_{-i})) - (\omega' - \omega'(0, x_{-i}))$  为低报策略所带来的收益减小值。总之, 低报策略虽有增加采购人直接收益的效应, 但是由于采购人  $y$  的低报导致社会福利降低而导致采购人  $y$  所获得的“奖励减少”, 在密封拍卖竞标环境中采购人无法保证低报带来的收益一定大于低报带来的损失。并且低报策略相较于诚实报价而言降低了赢标概率, 会增加失标风险。

在密封竞标中, 采购人和服务提供方面临着无法获取其他竞争对手报价的困境。因此, 诚实报价成为最佳策略。采取高报策略或低报策略都存在风险和不确定性。高报可能导致支付过高费用, 低报可能失去真实报价时的机会。诚实报价能够建立信任、提高赢标机会, 并实现互利共赢。无论是采购人还是服务提供方, 诚实报价都是在密封竞标中取得最佳结果的方式。

定理 3 该机制满足预算平衡约束

证明: 假设一批次交易者中, 采购人数量为  $Y$  个, 总支出为  $\mu$ ; 供货人数量为  $X$  个, 总收入为  $\theta$ ; 货物承运人数量为  $N$ , 总收入为  $\sigma$ 。  $a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy}$  为 0, 1 变量当  $a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} = 1$  时, 表示在运输区间  $(v_\zeta, v_\tau)$  上, 承运人  $n$  承运从供给点  $x$  发往需求点  $y$  的货物;  $a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} = 0$  时, 表示在运输区间  $(v_\zeta, v_\tau)$  上, 承运人  $n$  不承运从供给点  $x$  发往需求点  $y$  的货物。  $A$  表示市场在每次交易中实现的总福利。  $\lambda$ 、 $\eta$ 、 $\varphi$  分别表示采购方、供货方、物流商在基准支付中各自实现的收益比上三者实现收益的总和, 并且  $\lambda + \eta + \varphi = 1$ 。则:

$$\mu = \sum_{y=1}^Y r_y \cdot q_y - \alpha_y \lambda A \quad (6)$$

其中,  $r_y$  表示采购人  $y$  单位报价, 采购数量为  $q_y$ , 采购人  $y$  的收益占有所有采购人  $Y$  收益的比例为  $\alpha_y$ 。

则有  $\sum_{y=1}^Y \alpha_y = 1$ , 由此可知式(6)可变形为:  $\mu = \sum_{y=1}^Y r_y \cdot q_y - \lambda A$

同理可知  $X$  个供货人的总收入为:

$$\theta = \sum_{x=1}^X \sum_{y \in Y} \sum_{n \in N} \sum_{\zeta \in k} a_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot r_x + \eta A \quad (7)$$

其中供货方单位报价为  $r_x$ , 供货方  $x$  发往采购人  $y$  在路段  $(v_x, v_\zeta)$  由货物承运人  $n$  的货物成交量为  $d_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy}$ 。

$N$  个货物承运人的总收入为:

$$\sum_{n=1}^N \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(\zeta, v_\tau) \in E} a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot (r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + r_\tau) + \varphi A \quad (8)$$

其中  $r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n$  表示货物承运人  $n$  在路段  $(v_\zeta, v_\tau)$  运输货物单位报价,  $r_\tau$  表述仓储单位报价。

所以由式(6~8)可推导:

$$\begin{aligned}
\mu - \theta - \sigma &= \sum_{y=1}^Y r_y \cdot q_y - \lambda A - \left( \sum_{x=1}^X \sum_{y \in Y} \sum_{n \in N} \sum_{\zeta \in k} a_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot r_x + \eta A \right) \\
&\quad - \left( \sum_{n=1}^N \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(v_\zeta, v_\tau) \in E} a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot (r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + r_\tau) + \varphi A \right) \\
&= \sum_{y=1}^Y r_y \cdot q_y - \left( \sum_{x=1}^X \sum_{y \in Y} \sum_{n \in N} \sum_{\zeta \in k} a_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot d_{(v_x, v_\zeta)}^{nxy} \cdot r_x \right) \\
&\quad - \left( \sum_{n=1}^N \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} \sum_{(v_\zeta, v_\tau) \in E} a_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot d_{(v_\zeta, v_\tau)}^{nxy} \cdot (r_{(v_\zeta, v_\tau)}^n + r_\tau) \right) - A(\lambda + \eta + \varphi) \\
&= A - A(\lambda + \eta + \varphi) = 0
\end{aligned}$$

由上式可知该机制满足预算平衡约束, 无需第三方进行补贴。

#### 4. 交易成本仿真分析

在双边竞价结构下, 引入 VCG 机制改进后的支付规则在仍满足激励相容约束的情况下, 通过规划模型进行交易匹配从而形成的新机制即多方竞价机制。因为传统议价采购模式中, 采购人需要逐一与供货商、货物承运人等交易者完成议价、确认服务条款等诸多细节, 而多方竞价机制中多方交易者只需要提交到岸价格、到岸时间和货物类型等信息, 第三方组织者即可自动按照交易规则对交易者进行配对。相比之下对于多方交易者而言降低了面临信息不对称和信息搜寻等交易成本。传统议价模式由于时间成本、人工成本和搜索成本的局限性使得交易市场被分割为多个局部市场, 导致物流资源得不到最优配置, 市场资金在多个局部市场内部流通, 多方竞价模式以全局社会效益最大化为目标函数, 在很大程度上解决了信息不对称和交易成本太高、资金在局部流通等问题, 并且由于互联网技术的突飞猛进, 以信息技术为核心构建的物流交易平台, 对提高物流交易、供应链规划效率的作用就更加显著。本文将比较两种交易模式社会福利值的提升和交易成本的变化进行仿真分析。

为测试常规定价和 VCG 竞价 2 种交易模式交易成本的差异, 增加以下数据和规则以符合真实交易情景:

通过查询并参考“食品商务网”“中国物流公共信息平台”“谷歌数据集搜索引擎”等多家数据平台中苹果采购及物流环节的相关行业数据, 并以行业相关数据为基础设定以下数据: 因为果蔬类产品具有全球性市场, 所以对仿真设计中供应链部分做以下调整: 1) 在各市场中均有商品进货价高、供应链所需环节数量多、产品所带来利润比常规产品略高的国际商品。2) 在议价模式中, 采购人需要与供应商、货物承运人进行议价, 因市场经济环境、供需关系和供应链结构的不断变化, 现假定以三年为一个周期, 采购人会重新进行对供货商的选择及供应链的打造。第一年与每位交易对象议价时间服从均匀分布:  $X \sim U(1,3)$ ; 第二年每次议价的总时间服从均匀分布  $X \sim U(1,8)$ ; 第三年每次议价的总时间服从均匀分布  $X \sim U(1,4)$ , 单位为天; 3) 采购人与供应商、货物承运人以半年为一期签订交易协议, 协议到期后需重新谈判; 常规商品供应链环节的数量服从均匀分布:  $Y \sim U(2,10)$ ; 国际商品供应链环节的数量服从均匀分布  $Z \sim U(4,13)$ ; 在多边报价模式中, 采购人每年需花费  $t$  天用于了解市场行情、选择商品种类等, 第一年花费时间服从均匀分布:  $X \sim U(1,8)$ ; 第二年花费时间服从均匀分布:  $t \sim U(1,3)$ ; 第三年花费时间服从均匀分布:  $t \sim U(0.5,1)$ , 单位为天。

并在此前提假设下进行了一系列实验。在这些实验中, 通过随机生成了 100 个采购人, 并模拟了他们在三年内使用上述采购流程购买货物的情况。我们计算了每个批次采购人所花费的平均时间, 并得出以下结论: 在双边报价模式下, 采购人在三年内购买两种商品的平均时间成本约为 14 天。这意味



着, 在这种模式下, 采购人需要花费大约 14 天的时间来完成整个采购过程, 包括询价、比较和决策等环节。

而在议价模式下, 采购人在国际商品采购过程中议价所花费的平均时间约为 46.25 天, 而在常规商品采购过程中议价所花费的平均时间约为 36.56 天。这说明, 在议价模式下, 采购人需要花费更多的时间来进行价格谈判和协商, 尤其是在国际商品采购中。

这些结果表明, 在货物采购过程中, 不同的采购模式对于采购人所花费的时间有着显著影响。双边报价模式相对高效, 能够节省采购人的时间成本, 而议价模式则需要更多的时间来达成交易。具体实验结果如图 1 和图 2 所示。

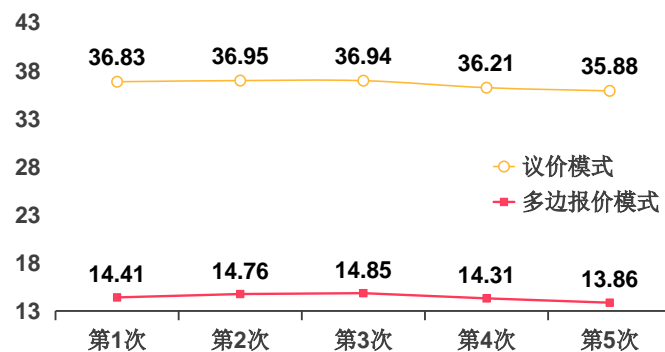


Figure 1. Cost of time for different purchasers of conventional commodities

图 1. 常规商品不同采购人的时间成本

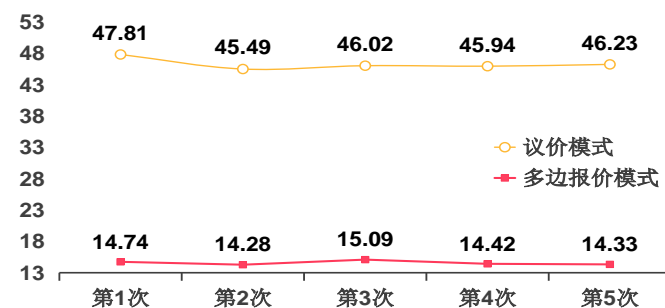


Figure 2. Time costs for different purchasers of international commodities

图 2. 国际商品不同采购人的时间成本

多边报价模式为采购人提供了简化的采购流程。各方交易者只需选择所需产品类型并提交相关报价向量, 如到岸价格和到岸时间等。供应链的构建和供应商的选择将由第三方组织者自动匹配, 这将节省采购人大量的时间成本、人力成本和信息搜索成本, 从而促进多元化市场的良性循环。通过多边报价模式, 采购人不再需要逐个与各个供应商进行沟通 and 谈判。相反, 他们只需向市场发布需求和报价信息, 然后由第三方组织者自动匹配最合适的供应商。这种自动匹配的过程可以大大减少采购人的工作量和复杂性。采购人通过减少交易成本, 包括时间成本、人力成本和信息搜索成本, 能够更高效地进行采购活动。他们可以将更多的精力和资源投入到其他战略性任务上, 如供应链优化、市场调研和战略合作伙伴的选择。此外, 多边报价模式还促进了市场的多元化和竞争。通过自动匹配供应商, 采购人能够接触到更多不同的供应商和产品选择。这种多元化的市场环境鼓励供应商之间的竞争, 从而推动价格的合理性

和质量的提升。综上所述, 多边报价模式为采购人带来了诸多好处。它简化了采购流程, 减少了交易成本, 节省了时间和资源, 并促进了市场的多元化和竞争。采购人可以借助这一模式更加高效地进行采购, 从而获得更好的交易结果。

## 5. 结论

当前市场环境中, 货物采购面临着多元化的产地选择、参与主体众多以及供应链路径系统网络的复杂化, 这导致了货物采购潜在方案的繁多性和不断变化性。随着信息服务平台的建立和发展, 市场范围不断扩大, 参与主体数量也不断增加。为了适应这一新的采购环境并提高多源数据融合条件下的采购效率, 交易机制的创新成为关键。本文的研究通过引入市场第三方组织者来建立一个涵盖所有交易方的交易市场, 采用竞标方式作为市场参与的方式。具体而言, 参与平台的竞标过程涉及到所有交易个体, 他们基于多方报价的综合定价方式来确定货物出厂价格、物流运输价格以及到岸价格。这种竞价机制引入了改良后的 VCG 机制所包含的分配规则和支付规则, 能够较好地揭示多方交易者对商品的真实估值, 从而实现各交易方真实信息的暴露。为了实现市场资源的最优配置, 本文还构建了一个规划模型, 以社会福利最大化原则为基础。通过这种交易机制, 能够及时反映市场各类交易信息, 快速达成交易匹配, 形成以社会效益最大化为目标的敏捷供应链系统。这样就能够实现市场资源的合理配置。通过仿真分析验证了新交易机制显著提升了市场交易效率。综上所述, 本文提出的交易机制通过引入市场第三方、竞标方式和改良后的 VCG 机制, 能够有效适应多元化的采购环境, 并提高采购效率。该交易机制能够及时反映市场各类交易信息, 快速达成交易匹配, 形成以社会效益最大化为目标的敏捷供应链系统, 从而实现市场资源的最优配置。通过仿真分析, 证明了新交易机制显著提升了市场交易效率。

## 参考文献

- [1] Schneider, M., Day, R. and Garfinkel, R. (2015) Risk Aversion and Loss Aversion in Core-Selecting Auctions. *Decision Support Systems*, **79**, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2015.08.007>
- [2] 周乐欣, 滕可, 吕凡. 平台型物流采购双向竞标交易模式创新研究[J]. 管理学报, 2019, 16(4): 624-632.
- [3] 孙畅, 吴占坤, 赵英妹. 我国企业应用现代物流采购技术策略研究[J]. 改革与战略, 2010, 26(6): 62-64.
- [4] 周乐欣, 李鑫, 何康. 多式联运中转二级市场竞标交易机制研究[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(9): 36-48.
- [5] 卫根超. 智慧物流对饲料企业现有物流配送模式的启示[J]. 中国饲料, 2021(24): 139-142.
- [6] 黄逾白. 新媒体时代农业跨境电商的信息不对称问题及优化策略[J]. 农业经济, 2021(10): 126-128.
- [7] 郭鑫鑫, 王海燕, 孔楠. 信息不对称下个人健康数据交易双边定价策略研究[J]. 管理工程学报, 2022, 36(4): 129-139. <https://doi.org/10.13587/j.cnki.jieem.2022.04.011>
- [8] 赖明辉, 薛巍立, 田歆, 李丽丽. 整车运输协作问题迭代拍卖机制设计[J]. 系统工程理论与实践, 2018, 38(12): 3174-3186.
- [9] 周乐欣. 拍卖理论在物流交易中的应用研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2010.
- [10] 周乐欣, 宋山梅, 李露. 大数据条件下物流采购竞价交易模式创新研究[J]. 贵州大学学报(社会科学版), 2018, 36(2): 63-68.
- [11] 彭安华, 肖兴明, 岳睿. 基于交互双层模糊规划的敏捷供应链构建与优化[J]. 中国机械工程, 2014, 25(17): 2314-2319+2350.
- [12] Cong, R.G. and Wei, Y.M. (2012) Experimental Comparison of Impact of Auction Format on Carbon Allowance Market. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **16**, 4148-4156. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.049>
- [13] Laia, M.H., Caib, X.Q. and Hu, Q. (2017) An Iterative Auction for Carrier Collaboration in Truckload Pickup and Delivery. *Transportation Research Part E*, **107**, 60-80. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.09.006>