

基于密封拍卖机制的数据资产定价模型研究

李综钰, 孙士伟

北京理工大学管理学院, 北京 100081

摘要

数据资产定价受交易主体、交易客体和交易机制3个因素共同影响。综合考虑数据交易主体与客体的特征, 构建主体信用因子和数据质量因子, 对数据交易主体和客体进行综合评价。在此基础上设计了一种融合主体信用因子和数据质量因子的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型, 并证明其具有占优策略激励相容、个体理性和社会总福利最大化的特征。该模型在一定程度上能增强互信、激励真实报价、防范共谋行为、优化市场环境, 为数据资产定价与交易实践提供参考。

关键词

数据资产; 数据交易; 交易机制; 主体信用; 数据质量

中图分类号: F49

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2026002

Comprehensive price sealed-bid auction data asset pricing model based on data quality factor and entity credit factor

Li Zongyu, Sun Shiwei

School of Management, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

Abstract

Data asset pricing is jointly affected by three factors: the transaction subject, the transaction object and the transaction mechanism. This study comprehensively considers the characteristics of the data transaction subject and object, constructs the entity credit factor (ECF) and data quality factor (DQF) to make a comprehensive evaluation. On this basis, the study designs a comprehensive price sealed-bid auction data asset pricing model based on the $(k+1)$ -th price rule integrating the ECF and the DQF. The model has been demonstrated to possess the qualities of dominant-strategy incentive-compatible (DSIC), individual rationality (IR), and maximization of social total welfare. To a certain extent, the model can enhance mutual trust, stimulate real bids, prevent collusive behavior and optimize the market environment, serving as a reference for the practice of data asset pricing and trading.

Key words

data asset, data transaction, transaction mechanism, entity credit, data quality

0 引言

随着数字经济的快速发展、数据要素市场化与数据资源资产化进程的持续推进，数据交易量快速攀升。《数据要素发展报告（2025年）》显示，2024年全国数据市场交易规模预计超1 600亿元，其中场内市场数据交易（含备案交易）规模预计超300亿元^[1]。虽然学术界对数据交易问题进行了深入研究和探索，但仍然缺乏公允有效的数据资产定价方法和统一规范的交易机制，这成为制约数据交易市场发展的重要瓶颈，数据交易市场仍处于起步阶段。

目前，学术界对数据资产定价方法进行的广泛探索主要借鉴了传统资产定价的收益法、成本法和市场法。例如，Davenport等^[2]探讨了如何利用大数据分析技术来提高收益法的预测准确性，通过深入挖掘大数据中的潜在价值，更好地预测数据资产的未来收益。Feng等^[3]通过改进收益法构建了自由现金流模型，对网易的大数据资产进行估值。赵越等^[4]将每个数据点视为合作博弈中的参与者，利用夏普利值（Shapley value）计算数据的边际贡献，更准确地评估数据对平台收益的贡献，克服了传统收益法在数据贡献拆分上的困难，更精确地量化数据的价值。Aaltonen等^[5]认为在大数据环境下，需要重新考虑数据资产的成本构成，包括数据的收集、存储、处理和分析等。Jung等^[6]基于市场法提出了一种公平协商方法，运用鲁宾斯坦（Rubinstein）讨价还价模型确定数据资产价格和隐私损失价值，确保交易公平。尹传儒等^[7]对国内关于数据资产价值评估与定价的研究进行了综述和展望。由于数据资产表现出无形资产与有形

资产的双重特性，依靠人工的数据资产评估方法成本过高，数据资源存货计量难以准确表达数据资产的价值，传统资产定价方法存在一定局限性^[8]。收益法对未来现金流等关键变量的假设高度敏感，数据估值结果易受操纵^[9]；成本法忽视数据资产价值的未来变化，账面价值和实际价值之间可能存在严重背离^[10]；市场法当前市场活跃度有限，缺乏类似的参考交易案例，实用性不足^[11]。

此外，众多学者也对其他可用方法进行了积极探索，包括基于数据质量的定价方法、基于查询的定价方法、基于博弈论的定价方法、基于拍卖的定价方法、基于信息熵的定价方法、基于隐私补偿的定价方法、基于机器学习的定价方法等。比如，在信息熵方面，Shen等^[12]提出了一种基于信息熵的个人数据资产定价模型，实现无套利和动态定价；Li等^[13]验证了利用信息熵度量数据信息量这一方法的合理性，并提出了一种基于数据信息测量结果的定价函数；彭慧波等^[14]结合信息熵提出了一种分级的交易数据集隐私度量方法，并进一步提出基于信息熵的数据资产定价模型。在博弈论方面，Xiao等^[15]建立了一个由数据提供商、服务提供商和买方组成的数据市场两阶段斯塔克尔伯格模型（Stackelberg model），致力于使三方参与者均实现利益最大化；Chen等^[16]提出了一种包括数据量、可用性、完整性在内的多维数据效用评估方法，并构建了一种基于数据效用的三阶段Stackelberg模型的最优数据资产定价方案；张小伟等^[17]提出了三阶段Stackelberg博弈的模型交易框架——基于三阶段层次化Stackelberg模型和Shapley值的模型交易市场，并采用Shapley值评估模型效用。在机器学习方面，Tsai等^[18]建立了基于机器学习的智能

数据资产定价模型，引入附加收益函数和惩罚函数分别反映用户的收益和损失，根据用户的历史支付意愿，以用户效用函数最大化为目标，通过优化算法来确定数据资产价格；Bauer等^[19]将基于贝叶斯推理的核回归算法同基于自助法（bootstrap）的置信区间估计算法相结合，构建了数据资产定价模型。这些新的定价方法为数据资产定价研究打开了思路，但仍存在算法复杂、公认度不足、实践应用难度大等问题。

在非对称信息情形下，数据资产定价策略必须放到整个数据交易体系中系统思考。本文结合交易体系结构与风险定价分析，提出数据资产一般定价模型，即数据资产价格是交易主体、交易客体和交易机制三者的函数。在此基础上，综合考虑数据交易主体（即数据交易参与方）与客体（即数据）的特征，构建主体信用因子（entity credit factor, ECF）和数据质量因子（data quality factor, DQF），设计一种融合双因子的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型，并证明其具有占优策略激励相容（dominant-strategy incentive-compatible, DSIC）、个体理性（individual rationality, IR）和社会总福利最大化的特征，在一定程度上能够增强交易互信、激励真实报价、防范共谋行为、优化市场环境，具有一定的理论和实践参考价值。

1 非对称信息情形下的数据资产定价策略

1.1 非对称信息情形下的数据资产一般定价模型

数据具有虚拟性、非排他性、易复制

性、价值动态性、零边际成本等特点，在数据交易过程中，非对称信息具有两层具体含义：一方面，在未购买数据前，买方无法知道数据的具体信息，因而难以准确评估数据的质量与价值；另一方面，数据估值与使用是买方的私有信息，卖方无法知道买方的数据估值与购买意图，因而难以准确报价，也无法预测买方的数据使用行为是否合规，是否对卖方数据资产构成侵权。在非对称信息情形下，数据交易呈现不确定性、不稳定性和不安全性，交易双方信任难以建立，数据交易难以进行。因此，数据资产定价问题必须置于整个数据交易体系中系统思考。

在非对称信息情形下，数据交易面临着数据质量、数据合规、数据安全、市场效率、市场信用等多方面的风险，这些风险在数据资产定价中应予体现。但对于这些风险的具体内容及度量方法，不同学者的观点并不一致。如崔红蕊^[20]将数据资产交易中的风险分为数据质量和准确性风险、数据隐私和安全风险、数据技术风险、数据资产估值和定价风险、法律和合规风险、操作风险及市场风险。凌帅等^[21]则将其主要分为数据产品合规隐患、网络攻击威胁、监管制度缺陷。梁燕妮^[22]则认为其主要分为流动性障碍、监管挑战、合规风险、认知偏差和场外交易风险。数据交易过程中涉及的风险因素多元复杂、明隐交织，必须系统梳理并予以简化，才能通过模型优化加以管理。

一般的交易体系包括交易主体、交易客体和交易机制三大要素，交易的价值与风险都集中在这三大要素上。就一个数据交易体系而言，交易主体是指数据买卖参与方和各类中介机构，最核心的是数据买卖参与方；交易客体就是买卖标的——数据；交易机制是指交易的结构、条件和程

序,包括交易的分配规则、支付规则以及交易程序等。一般意义上,数据资产价格是交易主体、交易客体和交易机制三者的函数,即:数据资产价格 = $F(\text{交易主体}, \text{交易客体}, \text{交易机制})$ 。

这就是非对称信息情形下的数据资产一般定价模型。

1.2 数据交易主体与客体的评价因素

对数据交易主体的评价主要看主体信用。数据资产交易不仅存在与传统商品交易相似的信用风险,还具有数据资产特性引发的信用风险。数据的易复制性导致数据流通交易过程难以追溯和控制,卖方可能违反“独占许可条款”多次出售同一数据,损害买方利益;反过来,买方也可能违反合同约定将数据进行分享与转售,非法获利,损害卖方权益。数据的场景依赖性使数据在不同场景中表现出不同的价值(只有通过计算或学习算法才能实现),无场景约束和算法不安全可能导致数据滥用、盗用等问题,不仅侵犯个人隐私、窃取商业秘密,更对国家安全构成威胁。买卖双方是否具有相应的数据安全技术保障基础设施及物质条件,是否具有严格规范的数据安全管理体系,是否具有相应的数据安全保障及应急处置能力,比如,安全漏洞、网络攻击、未脱敏或非法交易可能导致个人隐私/企业机密/国家安全信息泄露;根据马赛克理论,碎片信息的融合计算能形成完整的信息图像,导致多个低风险的数据集聚后可能形成高风险;中间商或技术提供方利用数据控制权寻租,牟取不正当利益等。对此,需要设计合理的“主体信用因子”来综合评价数据交易参与方的信用特征,将它应用到数据资产交易机制设计中,参与数据资产定价过程。

对数据交易客体的评价主要看数据质量。数据质量是数据交易市场的核心要素,直接影响交易效率、定价机制和市场信任度。数据的完整性、准确性、一致性等直接影响交易价格,如残缺数据的折价率可达50%。为了获得更高收益,卖方可能采用低质量数据掺杂策略,提供不完整、过时或错误数据,买方难以验证数据效用。买方需了解数据内容才能估值,但数据披露可能导致卖方利益受损,加剧质量争议,形成阿罗信息悖论。数据要合规,产权要清晰,数据来源必须符合相关法律法规,不能侵犯个人隐私。对此,可以从数据准确性、完整性、时效性、合规性、技术安全性等维度构建“数据质量因子”,对数据交易客体进行综合评价。

1.3 数据交易机制设计策略

不同的数据交易机制具有不同的市场效率,存在不同的市场风险。数据资产价值可能因为数据时效性、使用时效性、管理成本、授权临期等因素而减值,也可能因为数据完整性提升、新用途发现以及技术进步带来成本下降等因素而增值,这种数据资产价值的变化应该快速反映在市场交易价格上^[23]。在非对称信息情形下,买方难以准确评估数据质量和真实价值,仅愿支付平均价格,导致劣质数据卖方以低价策略占据市场,“劣币驱逐良币”,优质数据卖方被迫降价、陷入亏损甚至退出市场,数据市场沦落为典型“柠檬市场”。理性的买方总是企图用更低的价格购买到满足需求的数据,因而有足够的动机谎报数据估值以诱导数据卖方制定较低的价格;或者利用虚假身份通过多个账号合谋抬高或压低价格,形成女巫攻击(sybil attack),干扰交易公正性。某些买卖参与

方和中介机构可能联合操纵交易价格和分配, 损害其他参与者合法利益。因此, 数据交易机制设计至关重要, 一个优化的数据交易机制应能有效规避可能存在的市场相关风险, 保护交易参与方合法权益, 提高交易效率, 维护公平交易。

数据交易主要通过3种模式实现: 直接协商、平台挂牌和公开拍卖。随着数据交易规模的快速增长, 以及智能合约、自动拍卖等技术的逐步成熟, 拍卖机制得到越来越广泛的应用, 在数据交易市场中占据着越来越多的份额。本质上, 数据资产拍卖是一种交易主体(包括拍卖者和竞拍者)集体决策定价的机制, 体现的是交易主体的集体智慧, 合理的拍卖机制最终将形成一个最优的均衡价格, 实现社会福利最大化。张小伟等^[24]指出, 在信息不对称的经济环境中, 拍卖是一种形式简单却又具备完整定义, 能够确保公平和效率, 以及卖方收益最大化的方案, 因此在解决大数据交易问题方面, 拍卖机制显示出巨大的潜力。越来越多的专家学者将拍卖理论应用于数据资产定价。Jiao等^[25]根据数据量对大数据分析性能的影响定义数据成本和效用, 提出真实、合理、计算效率高的贝叶斯利润最大化拍卖模型。Cao等^[26]着眼于数据交易与市场交易效率的协调, 提出了一种迭代拍卖机制来协调交易, 并以社会福利最大化为目标^[26]。Cai等^[27]提出了面向偏好与利益冲突的数据交易(data trading with preferences and conflicts of interest, DTPCI) 双边拍卖机制来应对市场偏好的多样性、数据消费者之间复杂的利益冲突关系以及交易双方的战略选择这三大挑战。Agarwal等^[28]设计了一个交易机器学习训练数据的市场, 基于Myerson拍卖理论提出了组合数据产品的拍卖方法, 满足数据消费者高效购买机器

学习训练数据的需求。Li等^[29]聚焦于分布式数据交易市场, 提出由具有稀疏信息的经纪人来管理和调整交易市场, 采用了一种迭代双边拍卖的方案。Xiong等^[30]基于区块链和智能合约技术设计了一种反合谋数据资产拍卖算法, 通过密封竞价、竞价掩码以及竞价揭示等步骤来防止交易者合谋竞拍, 并设置惩罚机制对数据资产拍卖中的不当行为进行惩罚。上述研究的共同点在于改进拍卖机制以解决数据交易过程中的某一个或某几个问题, 但对于数据交易过程中可能存在的各种风险缺乏系统性的解决方案。李冬青等^[31]在提出一种数据全生命周期资产价值评估方法的基础上, 指出对于难以量化的数据资产, 市场法和公开拍卖可能是比较公正的方法, 但缺乏有效的数据交易市场和成熟的交易机制。

基于非对称信息情形下数据资产定价一般模型, 在数据资产交易机制设计策略上, 应该坚持系统思维, 从交易主体、交易客体和交易机制3个方面同时着手, 系统改进。本文从交易主体角度, 设计主体信用因子; 从交易客体角度, 设计数据质量因子; 从交易机制角度, 在密封中融入主体信用因子和数据质量因子, 建立双因子评价机制, 以此计算出拍卖者综合底价和竞拍者综合出价, 并增设竞拍者初筛机制, 重新设计拍卖分配规则和支付规则, 构建了一个双因子第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型。

2 交易客体与主体: 数据质量因子与主体信用因子

2.1 交易客体评价——数据质量因子的构建

数据质量是决定数据价值与价格的关

键因素。Haug 等^[32]指出, 高质量数据能够最大限度地服务于数据消费者的目的及其隐含需求。中华人民共和国国家标准 GB/T 36344-2018《信息技术 数据质量评价指标》(以下简称标准)从规范性、完整性、准确性、一致性、时效性、可访问性 6 个方面来评价数据质量。该标准具有较强的实践指导意义, 对于推动数据质量评价起到了积极作用。比如, 普华永道 2022 年发布的《数据资产价值评价指标分析》以及中国资产评估协会 2023 年发布的《数据资产评估指导意见》关于数据质量因素的评估都采用这六大类评价指标^[33]。但是, 正如该标准指出的, 这六大类评价指标只是“实施数据质量评价的最小集”, 且该标准在规则层面过于原则抽象, 具体怎么实施, 还必须根据实际情况加以细化。考虑到关于数据交易客体的总体评价(包括相关风险评估)集中于数据质量因子, 在这里给出一个拓展的可实施评价方案, 并可结合实践应用进一步优化。

(1) 规范性: 数据在值域、元数据、格式、安全方面的技术规范性。具体属性的规范率为:

$$R_i = \frac{n_i}{n_{\text{total}}} \quad (1)$$

其中, i 为具体属性(值域/元数据/格式/安全), n_i 为符合该属性规范的数据数量, n_{total} 为数据总数量, R_i 为该属性的规范率。

将 4 个属性的基础得分 S_{value} 、 S_{meta} 、 S_{format} 、 S_{security} 进行加权组合, 得到规范性得分:

$$\text{Stan} = \omega_1 \cdot S_{\text{value}} + \omega_2 \cdot S_{\text{meta}} + \omega_3 \cdot S_{\text{format}} + \omega_4 \cdot S_{\text{security}} \quad (2)$$

满足 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1$, 默认 $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 0.2$ 、 $\omega_4 = 0.4$ 。

(2) 完整性: 数据在数量、属性覆盖、

属性缺失方面的充分性。

数量充足度为:

$$C_1 = \begin{cases} 0, & n < n_{\min} \\ \frac{n}{n_{\text{ref}}}, & n_{\min} \leq n < n_{\text{ref}} \\ 1, & n \geq n_{\text{ref}} \end{cases} \quad (3)$$

其中, n 为提供的数据条数, n_{\min} 为数据最小需求条数, n_{ref} 为参考标准条数(如行业最高值的八分位)。

属性覆盖度为:

$$C_2 = \begin{cases} 0, & p < p_{\text{req}} \\ \frac{p}{p_{\text{ref}}}, & p_{\text{req}} \leq p < p_{\text{ref}} \\ 1, & p \geq p_{\text{ref}} \end{cases} \quad (4)$$

其中, p 为提供的数据属性数, p_{req} 为数据必需属性数, p_{ref} 为参考标准属性数(如行业最高值的八分位)。

数据完整率为:

$$C_3 = 1 - \frac{n_{\text{miss}}}{n_{\text{total}}} \quad (5)$$

其中, n_{miss} 为缺失属性的数据数量。

将上述 3 项加权, 得到完整性得分:

$$\text{Com} = \omega_1 \cdot C_1 + \omega_2 \cdot C_2 + \omega_3 \cdot C_3 \quad (6)$$

满足 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$, 默认 $\omega_1 = 0.4$ 、 $\omega_2 = 0.3$ 、 $\omega_3 = 0.3$ 。

(3) 准确性: 数据在类型、格式、值域等方面的准确程度。其计算式为:

$$\text{Acc} = 1 - \frac{n_{\text{error}}}{n_{\text{total}}} \quad (7)$$

其中, n_{error} 为错误数据数量(包括类型错误、格式错误、值域越界等)。

(4) 一致性: 数据符合逻辑规则(如函数依赖、业务规则)的程度。其计算式为:

$$\text{Con} = 1 - \frac{n_{\text{vio}}}{n_{\text{total}}} \quad (8)$$

其中, n_{vio} 为违反一致性规则的数据数量(包括函数依赖违反、业务规则冲突、参照完整性破坏、逻辑矛盾、跨表/源不一致等)。

(5) 时效性: 数据在时间上的有效性。其计算式为:

$$\text{Tim} = \frac{n_{\text{valid}}}{n_{\text{total}}} \quad (9)$$

其中, n_{valid} 为未过期的数据数量(根据预设有效期判断)。

(6) 可访问性: 数据能被访问的程度。其计算式为:

$$\text{Vis} = \frac{n_{\text{suc}}}{n_{\text{test}}} \quad (10)$$

其中, n_{suc} 为访问测试成功次数, n_{test} 为访问测试总次数。

(7) 合规性: 各项数据权属的合法性及其授权完整性。其计算式为:

$$\text{Reg} = \frac{n_{\text{authorise}}}{n_{\text{total}}} \quad (11)$$

其中, $n_{\text{authorise}}$ 为具有权属证明或授权证明的数据数量。

将上述指标加权即得数据质量因子:

$$\begin{aligned} \text{DQF} = & \omega_{\text{Stan}} \cdot \text{Stan} + \omega_{\text{Com}} \cdot \text{Com} + \\ & \omega_{\text{Tim}} \cdot \text{Tim} + \omega_{\text{Acc}} \cdot \text{Acc} + \\ & \omega_{\text{Con}} \cdot \text{Con} + \omega_{\text{Vis}} \cdot \text{Vis} + \omega_{\text{Reg}} \cdot \text{Reg} \end{aligned} \quad (12)$$

满足 $\omega_{\text{Stan}} + \omega_{\text{Com}} + \omega_{\text{Tim}} + \omega_{\text{Acc}} + \omega_{\text{Con}} + \omega_{\text{Vis}} + \omega_{\text{Reg}} = 1$, 各权重具体根据应用场景确定。

2.2 交易主体评价——主体信用因子的构建

在数据交易市场中, 买卖双方之间的

信任关系和合作精神构成了数据交易的底层逻辑, 信誉度低的主体参与可能增加数据侵权、合同违约、交易抵赖等风险。Kreps 等^[34]认为卖方信誉信息透明可以降低市场的信息不对称性, 提高市场信任水平, 从而降低交易成本。Bolton 等^[35]认为, 主体的短期声誉信息和长期声誉信息都可以促进交易达成, 并且更多的声誉信息可以提高交易成功的可能性。Jones 等^[36]指出, 由于数据要素市场存在反向信息不对称的特性, 数据供方在数据交付后无法掌握数据需方的履约行为信息, 面临数据滥用、数据泄露的风险, 这也是数据供方不愿参与数据交易的主要原因。因此, 买卖双方都存在信用问题。Sako^[37]提出了能力信任和善意信任的概念, 能力信任是指对方具备足够的知识、经验、技能和资源来完成某个任务或者达成某个目标, 善意信任是指对方有良好的动机和诚实行为来完成某个任务或者达成某个目标。显然, 卖方对买方的数据使用行为合规、不擅自转卖数据、不滥用数据的信任属于善意信任, 而买方对卖方所提供数据的质量、数据价值符合事前承诺信息的信任属于能力信任。王婷婷^[38]通过建立多元回归方程对影响拍卖成交的诸多因素进行深入分析, 发现卖方的信用度对成交价格的影响最为显著, 故在现有的一级价格和二级价格密封拍卖模型中加入卖家信用评分机制, 可以提高买方话语权。

根据信任理论, 交易双方通常会根据对方的历史履约行为、信用评估报告或他人的评价来评估对方的品质或信誉。主体信用因子依托标准化、透明化的信用评估框架, 将交易主体信用状况纳入拍卖流程, 在一定程度上帮助买卖双方筛选信用良好的交易对象, 共同维护双方权益。蒋辉^[39]指出财务因素如盈利、偿债能力等, 非财

务因素（如企业历史银行信用记录、企业主信用情况等）都应该纳入小微企业的信用评价中；苏蕙等^[40]指出最大股东实际持股占比、企业经营年限、年收入等是评估小微企业信用风险的合适指标；姚定俊等^[41]指出企业的资产市场价值及其波动率是影响企业违约率的重要因素。本文考虑到主体信用的客观性以及可量化性，选择财务健康度、数据健康度、信用评级、标准认证4个维度构建主体信用因子，通过其调整拍卖过程，让买卖双方都能获得合意的信任度，在此基础上构建一个可信的数据交易市场。主体信用因子的构成见表1。

上述二级指标得分归一化到[0, 1]。全部指标加权即得主体信用因子：

$$ECF = \sum_{k=1}^4 (\omega_k \cdot \sum_{j=1}^{n_k} \omega_{kj} \cdot \text{Score}_{kj}) \quad (13)$$

其中， ω_k 为4个一级指标的权重， ω_{kj} 为各二级指标的权重， n_k 为第 k 个一级指标下二级指标的个数， Score_{kj} 为第 k 个一级指标下第 j 个二级指标经归一化后的得分，满足：

$$\sum_{k=1}^4 \omega_k = 1, \sum_{j=1}^{n_k} \omega_{kj} = 1 \quad (14)$$

各权重可以由行业主管部门、地方政府、交易所等聘请的专家团队根据应用场景确定。

3 交易机制：双因子第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型

3.1 拍卖机制设计

假设有1个拍卖者，拟将1份数据通过

表1 主体信用因子的构成

一级指标	二级指标	评估方法
财务健康度	资产负债率	根据企业上年末资产负债率情况打分
	净资产收益率	根据企业上年净资产收益率(return on equity, ROE)情况打分
	营业收入复合年均增长率	根据企业近3年营业收入复合年均增长率(compound annual growth rate, CAGR)情况打分
数据健康度	数据基础设施	根据企业数据基础设施投资规模及支撑能力打分
	数据资产规模	根据企业上年末数据资产规模打分
	数据运营能力	根据企业上年末数据运营效益打分
	数据治理能力	根据企业数据治理能力打分
信用评级	纳税信用等级	根据信用中国网站记录企业纳税信用等级情况打分
	严重失信行为	根据信用中国网站记录企业严重失信行为情况打分
	经营异常行为	根据信用中国网站记录企业经营异常行为情况打分
	法律诉讼行为	根据信用中国网站记录企业法律诉讼败诉情况打分
	数据交易行为	根据企业以往在数据交易过程中的守信情况打分
标准认证	通用标准认证	根据企业通过ISO 9001质量管理体系、ISO 14001环境管理体系、ISO 50001能源管理体系、SA 8000社会责任等认证的情况打分
	专业标准认证	根据企业通过ISO 27001信息安全管理体系、ISO 20000 IT服务管理体系、工业和信息化部数据管理能力成熟度评估(data capability maturity model, DCMM)认证,以及国际、国内信息和数据领域其他认证的情况打分

拍卖平台,按第 $k+1$ 价格密封拍卖方式拍卖给 k 个人,共有 $N(N>k)$ 个竞拍者参与,且满足条件:所有竞拍者都是风险中性者,具有独立的私人价值;所有竞拍者之间是对称的;支付仅取决于竞拍者自己的报价。

(1) 双因子评价机制。在本模型中引入数据质量因子和主体信用因子,从买卖两方面对拍卖过程进行调整,以最大限度地维护交易双方利益,保证交易公平性。假设拍卖者为一个四元数组 $(P_0, DQF, ECF_s, ECF_{b_0})$,其中, P_0 为拍卖者拍卖底价, DQF 为拍卖数据质量因子, ECF_s 为拍卖者主体信用因子, ECF_{b_0} 为拍卖者所要求的竞拍者主体信用因子最低值,其中第一个元素 P_0 严格保密,后3个元素向所有竞拍者公开;竞拍者 $i(i=1,2,\dots,N)$ 亦为一个四元数组 $(SP_i, DQF_i, ECF_{s_i}, ECF_{b_i})$,其中, SP_i 为竞拍者 i 的密封报价, DQF_i 为竞拍者 i 所要求的拍卖数据质量因子最低值, ECF_{s_i} 为竞拍者 i 所要求的拍卖者主体信用因子最低值, ECF_{b_i} 为竞拍者 i 的主体信用因子,任意一个竞拍者仅知晓自身的四元数组信息,对其他竞拍者的四元数组信息概不知情。

(2) 综合拍卖底价机制。规定拍卖平台与拍卖者共同确定拍卖的综合底价为拍卖者的拍卖底价、主体信用因子、数据质量因子三者之积,即:

$$P_1 = P_0 \cdot DQF \cdot ECF_s \quad (15)$$

竞拍者的综合报价不得低于于拍卖者的综合底价。

(3) 竞拍者初筛机制。如果存在竞拍者 j ,至少满足下述3个条件之一,那么竞拍者 j 将主动或被动退出竞拍。

- 对数据质量因子要求大于拍卖数据的质量因子,即 $DQF_j > DQF$;
- 对拍卖者的主体信用因子要求高于

拍卖者的主体信用因子,即 $ECF_{s_j} > ECF_s$;

- 主体信用因子低于拍卖者对竞拍者主体信用因子的要求,即 $ECF_{b_j} < ECF_{b_0}$ 。

这种竞拍者初筛机制,过滤掉了对数据质量和拍卖者主体信用要求更高、竞拍者主体信用过低的竞拍者,为拍卖交易提供了更加可信、有效的质量保障。

(4) 综合报价分配规则。所有竞拍者采用密封价格方式报价,但以综合报价方式计算出价并排序。竞拍者 i 的综合报价为:

$$RP_i = \left(1 - \alpha \cdot \frac{\text{RANK}(ECF_{b_i}) - 1}{N} \right) \cdot SP_i \cdot ECF_{b_i} \quad (16)$$

其中, $\text{RANK}(ECF_{b_i})$ 为竞拍者 i 的主体信用因子 ECF_{b_i} 在所有竞拍者中的排名(从高到低); α 为竞拍者主体信用因子排名的影响系数,体现竞拍者主体信用因子排名对其报价的风险调整,对主体信用因子越高的竞拍者激励越大,越容易中标。所有竞拍者的综合报价 $RP_i(i=1,2,\dots,N)$ 从高到低排序后,综合报价 RP_i 不低于综合底价 P_1 且位居前 k 个竞拍者即为中拍者,即中拍者满足条件:

$$\text{RANK}(RP_i) \leq k, RP_i \geq P_1 \quad (17)$$

(5) 综合报价支付规则。设所有竞拍者的综合报价 $RP_i(i=1,2,\dots,N)$ 从高到低排序后第 $k+1$ 个报价为 RP_{k+1} ,则最终支付价格 P^* 为:

$$P^* = \max(RP_{k+1}, P_1) \quad (18)$$

3.2 模型特征分析

定理1 基于数据质量和主体信用双因子的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定

价模型是占优策略激励相容的。

证明：该模型是密封拍卖，所有竞拍者都具有独立的私人价值，即仅凭自己对拍卖数据的价值评估来报价，不掌握其他竞拍者的信息，且价格一旦报出便不能更改；拍卖成交价格是由风险中性的买卖双方独立出价形成的供需曲线确定的，由拍卖者和所有竞拍者共同确定，并预先不被任何参与方知道。

对于任何一个竞拍者 i ，其 ECF_{bi} 为固定值， RP_i 与 SP_i 形成一一映射，设 V_i 为其对数据资产拍卖品的综合估值，其效用函数为：

$$U_i = \begin{cases} V_i - P^*, & RP_i \geq P^* \\ 0 & \end{cases} \quad (19)$$

下面，分析竞拍者 i 不同报价策略对效用的影响。

①当 $RP_i = V_i$ ，即真实报价时，竞拍者 i 获胜的充要条件是 $V_i \geq P^*$ 。获胜时的效用为 $V_i - P^*$ ，失败时的效用为 0，无论是否获胜，效用都为其真实剩余。

②当 $RP_i > V_i$ ，即虚报高价时，如果真实情况下 $V_i \geq P^*$ ，虚报高价不会改变获胜状态，收益仍是 $V_i - P^*$ ；否则 ($V_i < P^*$ 时)，虚报高价可能导致以错误的高价格 RP_i 获胜，但其收益 $V_i - P^* < 0$ ，反而不如诚实报价时的 0 收益。因此，虚报高价可能以高于真实价值的价格支付，导致亏损。

③当 $RP_i < V_i$ ，即虚报低价时，如果真实情况下，虚报低价可能导致竞拍者被排除在获胜者之外（原本应支付的 P^* 严格低于其估值，即 $V_i > P^*$ ），从而失去本应有的正剩余 $V_i - P^* > 0$ ；否则 ($V_i \leq P^*$ 时)，虚报低价不影响结果，效用仍为 0。因此，虚报低价可能错失本可赢得的拍卖品，损失潜在收益。

综上分析，所有竞拍者 $i(i=1, 2, \dots, N)$ 的最优策略是真实报价，同样可以分析拍

卖者不同底价策略对效用的影响，容易得出拍卖者底价的最优策略也是真实报价，由此形成优势策略纳什均衡。因此，该模型是占优策略激励相容的。

定理 2 基于数据质量和主体信用双因子的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型对参与者满足个体理性 (IR)。

证明：上面已证明该模型是占优策略激励相容的，拍卖者和所有竞拍者 $i(i=1, 2, \dots, N)$ 的最优策略都是真实报价。在此机制下，对于所有竞拍者来说，拍卖成功时，获胜的竞拍者的效用为 $V_i - P^* \geq 0$ ，失败的竞拍者的效用为 0，拍卖不成功时所有竞拍者的效用都为 0；对于拍卖者来说，在拍卖成功时的效用为 $P^* - P_1 = \max(RP_{k+1}, P_1) - P_1 \geq 0$ ，在拍卖不成功时的效用为 0。因此，对于所有参与者所有情形下的效用均为非负，故满足个体理性。

定理 3 基于数据质量和主体信用双因子的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型满足社会总福利最大化。

证明：上面已证明该模型是占优策略激励相容的，所有竞拍者 $i(i=1, 2, \dots, N)$ 的最优策略是真实报价，在此机制的均衡状态下，前 k 个综合报价者对应前 k 个最高估值者，前 k 个获胜的竞拍者的社会福利最大化，即

$$\sum_{j=1}^k V_j' - k \cdot P^* > \sum_{j=1}^k V_j'' - k \cdot P^* \quad (20)$$

其中， $\{V_j'\}(j=1, 2, \dots, k)$ 和 $\{V_j''\}(j=1, 2, \dots, k)$ 分别为前 k 个获胜的竞拍者的综合估值、其他任何 k 个竞拍者的综合估值。

对于拍卖者，其社会福利达到最大化，为：

$$k \cdot (P^* - P_1) = k \cdot (\max(RP^*, P_1) - P_1) \geq 0 \quad (21)$$

社会总福利为所有竞拍者和拍卖者的社会福利的总和，显然有：

$$SWT = \sum_{j=1}^k V_j' - k \cdot P_1 > \sum_{j=1}^k V_j'' - k \cdot P_1 \quad (22)$$

其中, P_1 为拍卖者综合底价, P^* 由均衡市场决定, 与资源分配无关, 资源分配仅由竞拍者综合报价排序和 P_1 决定, 社会总福利达到最大化。

3.3 模型的优势与不足

本文通过引入数据质量因子与主体信用因子, 构建改进的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型, 有效应对当前数据交易市场中由交易主体、客体以及交易机制产生的多重风险, 具有如下优势。

- 增强互信。引入数据质量因子以及竞拍者对数据质量因子的要求、买卖双方主体信用因子以及对对方主体信用因子的要求, 建立竞拍者初筛机制, 增强拍卖双方的交易互信, 降低拍卖风险, 提高拍卖参与度和成功率, 进而提升市场效率。

- 激励真实报价。在密封拍卖中, 每个竞拍者的占优策略是使报价等于自己对这件商品的完全估价。因此, 竞拍者报出的价格是真实且可信的, 并且保证了最终的拍卖品归属于综合报价最高者, 从而确保价格能更准确地反映数据资产的真实价值。

- 防范共谋行为。共谋是指多个参与者之间通过秘密协议或默契合作, 以达到共同利益最大化的行为^[42]。设置拍卖综合底价, 可以保证中标价格至少在综合底价之上, 极大减少了拍卖中共谋的影响, 维护了拍卖者的利益。另外, 竞拍者的综合报价方式也可以在一定程度上降低共谋的影响。

- 优化市场环境。从长远看, 引入数据质量因子和主体信用因子, 可促进数据资产拍卖市场形成高质量数据和高信用市场主体的“良币”驱逐低质量数据和低信

用市场主体的“劣币”的良好机制, 培育数据交易市场重质量、重信用的价值取向和良好氛围, 防范“柠檬市场”的形成。

本模型的不足之处在于: 一是尚未得到真实数据交易市场的实践验证, 且尚不能适应多轮拍卖、双边拍卖或组合拍卖等更复杂的交易形式。二是对数据质量因子和主体信用因子的评估, 会增加拍卖参与各方在初期阶段的成本, 延长拍卖准备阶段的时间, 但该问题可通过机制优化加以缓解。如果是同一来源的数据, 在不同版本、不同组合、不同阶段的拍卖中, 其数据质量因子可以复用; 如果是频繁参与数据资产拍卖的市场主体, 其信用因子也可以复用, 仅需定期更新, 这些机制有助于在维持科学定价的同时降低运营成本、提升整体效率。三是模型未考虑动态场景下数据质量因子与主体信用因子指标及其权重的动态优化机制。

4 结论与展望

本文将数据资产定价策略放到整个数据交易体系中开展系统思考, 结合交易体系结构与风险分析, 给出非对称信息情形下的数据资产一般定价模型, 即数据资产价格可表示为交易主体、交易客体和交易机制三者的函数。从这3个核心要素着手, 一是综合考虑数据交易主体与客体的特征, 从财务健康度、数据健康度、信用评级和标准认证4个维度构建主体信用因子, 从数据的规范性、完整性、准确性、一致性、时效性、可访问性、合规性7个维度构建数据质量因子, 对数据交易主体和客体进行综合评价; 二是综合运用双因子评价机制、综合拍卖底价机制、竞拍者初筛机制、综合报价分配规则和综合报价支付规则等,

设计了一种融合主体信用因子和数据质量因子的第 $k+1$ 综合价格密封拍卖数据资产定价模型，并证明其具有占优策略激励相容、个体理性和社会总福利最大化的特征，在一定程度上能够增强互信、激励真实报价、防范共谋行为、优化市场环境，具有一定的理论价值，可供数据资产定价与交易实践参考。

该模型在实践中仍面临诸多挑战，未来研究可从以下方向展开：一是在因子评估的智能化与自动化方面，可探索利用机器学习技术挖掘企业数据的行为特征，实现对数据质量与主体信用的动态建模；结合区块链等可验证技术构建因子评估的可信记录机制，减少人工干预，提升评估效率与透明度；二是在适配多种交易机制方面，将本模型进一步扩展至多轮拍卖、双边拍卖或组合拍卖等更复杂的交易形式，以适应数据产品多样性、服务捆绑销售、数据多方交叉使用等场景下的实际需求；三是在因子指标及其权重的动态优化机制方面，结合国家监管政策、行业标准与企业自身发展阶段，建立因子指标及其权重的动态调整机制，使模型更具灵活性与前瞻性，持续适应市场规则与企业全生命周期变化；四是在隐私保护与开放共享的平衡机制方面，在保障数据供方隐私与安全的同时，探索如何实现可控的数据开放与可信交易，这是未来数据要素市场健康发展的重要议题；五是寻找真实的数据交易市场开展实践验证。

参考文献：

- [1] 中国信息通信研究院. 数据要素发展报告(2025年)[R]. 2025
China Academy of Information and Communication Technology. Report on China's Data Elements Development[R]. 2025.
- [2] Davenport T H, Barth P, Bean R. How "big data" is different[J]. MIT Sloan Management Review, 2012, 54: 21-25.
- [3] Feng B, Gu F, Feng J. Big data asset valuation of internet enterprises—case study of netease company[J]. Forest Chemicals Review, 2022: 2632-2647.
- [4] 赵越, 王衍之, 宋洁, 等. 需求预测视角下的医疗数据价值——基于沙普利值方法[J]. 中国管理科学, 2024, 32(7): 28-36.
Zhao Y, Wang Y Z, Song J, et al. Research on data value based on demand forecast of online medical platform[J]. Chinese Journal of Management Science, 2024, 32(7): 28-36.
- [5] Aaltonen A, Tempini N. Everything counts in large amounts: a critical realist case study on data-based production[J]. Journal of Information Technology, 2014, 29(1): 97-110.
- [6] Jung K, Park S. Privacy bargaining with fairness: privacy-price negotiation system for applying differential privacy in data market environments[C]//Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Piscataway: IEEE Press, 2019: 1389-1394.
- [7] 尹传儒, 金涛, 张鹏, 等. 数据资产价值评估与定价: 研究综述和展望[J]. 大数据, 2021, 7(4): 14-27.
Yin C R, Jin T, Zhang P, et al. Assessment and pricing of data assets: research review and prospect[J]. Big Data Research, 2021, 7(4): 14-27.
- [8] 朱扬勇, 叶雅珍. 数据资产入表需要一种可计量的技术形态[J]. 大数据, 2023, 9(6): 184-187.
Zhu Y Y, Ye Y Z. A measurable technical form is needed to include data assets on balance sheets[J]. Big Data Research, 2023, 9(6): 184-187.

- [9] Cheong H, Kim B, Vaquero I U. A data valuation model to estimate the investment value of platform companies: based on discounted cash flow[J]. Journal of Risk and Financial Management, 2023, 16(6): 293.
- [10] 宋书勇. 企业数据资产会计确认与计量问题研究[J]. 会计之友, 2024(2): 95-101.
Song S Y. Research on accounting confirmation and measurement of enterprise data assets[J]. Friends of Accounting, 2024(2): 95-101.
- [11] 许添. 企业数据资产的价值评估方法及其应用研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(2): 959-963.
Xu T. Research on the value assessment method of enterprise data assets and its application[J]. E-Commerce Letters, 2025, 14(2): 959-963.
- [12] Shen Y C, Guo B, Shen Y, et al. A pricing model for big personal data[J]. Tsinghua Science and Technology, 2016, 21(5): 482-490.
- [13] Li X J, Yao J G, Liu X, et al. A first look at information entropy-based data pricing[C]//Proceedings of the 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS). Piscataway: IEEE Press, 2017: 2053-2060.
- [14] 彭慧波, 周亚建. 基于隐私度量的数据定价模型[J]. 软件, 2019, 40(1): 57-62.
Peng H B, Zhou Y J. A data pricing model based on privacy measurement[J]. Computer Engineering & Software, 2019, 40(1): 57-62.
- [15] Xiao Z, He D, Du J Y. A Stackelberg game pricing through balancing trilateral profits in big data market[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2021, 8(16): 12658-12668.
- [16] Chen Y L, Bai R, Wu Y T, et al. A multidimensional data utility evaluation and pricing scheme in the big data market[J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2023, 2023: 6217495.
- [17] 张小伟, 江东, 袁野, 等. MaSS: 基于单位数据贡献的模型定价框架[J]. 计算机科学与探索, 2023, 17(9): 2252-2264.
Zhang X W, Jiang D, Yuan Y, et al. MaSS: model pricing marketplace based on unit data contribution[J]. Journal of Frontiers of Computer Science and Technology, 2023, 17(9): 2252-2264.
- [18] Tsai Y C, Cheng Y D, Wu C W, et al. Advances in Artificial Intelligence[M]. Cham: Springer International Publishing, 2017.
- [19] Bauer J, Jannach D. Optimal pricing in e-commerce based on sparse and noisy data[J]. Decision Support Systems, 2018, 106: 53-63.
- [20] 崔红蕊. 数据资产交易中的风险防范[J]. 当代金融家, 2024(9): 119-121.
Cui H R. Risk prevention in data asset transaction[J]. Modern Bankers, 2024(9): 119-121.
- [21] 凌帅, 刘子焯, 马寿峰. 数据交易过程中的安全风险及对策[J]. 保密科学技术, 2023(7): 61-65.
Ling S, Liu Z Y, Ma S F. Security risks and countermeasures in data transaction process[J]. Secrecy Science and Technology, 2023(7): 61-65.
- [22] 梁燕妮. 数字经济背景下的数据交易风险与合规治理研究[J]. 广西科学, 2024, 31(2): 395-404.
Liang Y N. Research on data trading risks and compliance governance in the context of digital economy[J]. Guangxi Sciences, 2024, 31(2): 395-404.
- [23] 叶雅珍, 朱扬勇. 数据资产增值减值因素分析[J]. 大数据, 2024, 10(2): 32-42.
Ye Y Z, Zhu Y Y. Factor analysis of the impairment/appreciation of data assets[J]. Big Data Research, 2024, 10(2): 32-42.
- [24] 张小伟, 江东, 袁野. 基于博弈论和拍卖的数

- 据定价综述[J]. 大数据, 2021, 7(4): 61-79.
- Zhang X W, Jiang D, Yuan Y. A survey of game theory and auction-based data pricing[J]. Big Data Research, 2021, 7(4): 61-79.
- [25] Jiao Y T, Wang P, Niyato D, et al. Profit maximization auction and data management in big data markets[C]// Proceedings of the 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). Piscataway: IEEE Press, 2017: 1-6.
- [26] Cao X Y, Chen Y, Ray Liu K J. Data trading with multiple owners, collectors, and users: an iterative auction mechanism[J]. IEEE Transactions on Signal and Information Processing Over Networks, 2017, 3(2): 268-281.
- [27] Cai H, Zhu Y M, Li J, et al. Double auction for a data trading market with preferences and conflicts of interest[J]. The Computer Journal, 2019, 62(10): 1490-1504.
- [28] Agarwal A, Dahleh M, Sarkar T. A marketplace for data: an algorithmic solution[C]// Proceedings of the 2019 ACM Conference on Economics and Computation. New York: ACM, 2019: 701-726.
- [29] Li Z N, Yang Z Y, Xie S L. Computing resource trading for edge-cloud-assisted Internet of Things[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2019, 15(6): 3661-3669.
- [30] Xiong W, Xiong L. Anti-collusion data auction mechanism based on smart contract[J]. Information Sciences, 2021, 555: 386-409.
- [31] 李冬青, 刘吟啸, 邓镭, 等. 基于数据全生命周期的数据资产价值评估方法及应用[J]. 大数据, 2023, 9(3): 39-55.
- Li D Q, Liu Y X, Deng L, et al. Data valuation approach and application in view of data full lifecycle[J]. Big Data Research, 2023, 9(3): 39-55.
- [32] Haug A, Zachariassen F, van Liempd D. The costs of poor data quality[J]. Journal of Industrial Engineering and Management, 2011, 4(2): 168-193.
- [33] 中国资产评估协会. 数据资产评估指导意见: 中评协[2023]17号[S]. 北京: 中国资产评估协会, 2023.
- China Appraisal Society. Guidelines on data asset valuation: CAS[2023]No.17[S]. Beijing: China Appraisal Society, 2023.
- [34] Kreps D M, Wilson R. Reputation and imperfect information[J]. Journal of Economic Theory, 1982, 27(2), 253-79.
- [35] Bolton G E, Katok E, Ockenfels A. How effective are electronic reputation mechanisms an experimental investigation[J]. Management Science, 2004, 50(11): 1587-1602.
- [36] Jones C I, Tonetti C. Nonrivalry and the economics of data[J]. American Economic Review, 2020, 110(9): 2819-2858.
- [37] Sako M. Prices, quality and trust: inter-firm relations in Britain and Japan[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [38] 王婷婷. 基于拍卖理论的大数据交易定价策略研究[D]. 昆明: 云南财经大学, 2019.
- Wang T T. Research on big data transaction pricing strategy based on auction theory[D]. Kunming: Yunnan University of Finance and Economics, 2019.
- [39] 蒋辉. 非对称信息下小微企业信用评价指标体系的构建[J]. 财会月刊, 2017, 38(14): 51-55.
- Jiang H. Construction of credit evaluation index system for small and micro enterprises under asymmetric information[J]. Finance and Accounting Monthly, 2017, 38(14): 51-55.
- [40] 苏蕙, 郭炜. 银行小微企业信贷风险评价指标优化[J]. 财会月刊, 2020, 41(1): 27-32.
- Su H, Guo W. Optimization of credit risk

evaluation index for small and micro enterprises in banks[J]. Finance and Accounting Monthly, 2020, 41(1): 27-32.

- [41] 姚定俊, 费百川, 周梦蓓, 等. 修正的BP-KMV模型下非上市科技型中小企业信用风险评估研究[J]. 金融理论与实践, 2024(11): 1-11.
Yao D J, Fei B C, Zhou M B, et al. Re-

search on credit risk assessment of unlisted small and medium-sized sci-tech enterprises under modified BP-KMV model[J]. Financial Theory and Practice, 2024(11): 1-11.

- [42] Stigler G J. A theory of oligopoly[J]. Journal of Political Economy, 1964, 72(1): 44-61.

作者简介



李综钰 (2004-), 男, 北京理工大学管理学院本科生, 主要研究方向为数字经济、会计学。



孙士伟 (1987-), 男, 博士, 北京理工大学管理学院长聘副教授、研究员, 英国伦敦政治经济学院、谢菲尔德大学学术访问学者, 主要研究方向为管理信息系统、数据治理、智慧医疗。

收稿日期: 2025-07-28

通信作者: 李综钰, 1120222549@bit.edu.cn

基金项目: 国家社会科学基金项目(No.22&ZD328)

Foundation Item: The National Social Science Foundation of China (No.22&ZD328)