

数据要素资产价格、交易收益与效用研究^{*}

朱小能 李雄一

摘要：数据资产化是推动数据要素市场化流通的关键环节。本文建立了数据资产智能合约会员定价、数据资产交易平台的定价和数据资产组合定价模型，针对数据所有权和用益权交易方式，研究数据资产价格与交易收益及效用之间的关系。本文研究发现：数据资产定价机制、交易主体收益与效用等是影响数据要素市场化流通的主要因素。通过机制分析表明：一方面，利用区块链智能合约对数据交易进行跟踪与定价，以实名制会员注册信息，形成数据资产交易合同验证等智能化会员合约，能在有效保障数据交易安全的前提下，降低数据资产交易价格；另一方面，通过数据估值与资产定价两阶段定价模型，能有效挖掘数据价值和优化资产价格，形成不同权属的数据资产动态定价策略，实现供需双方效益最大化。而且数据交易成本越高，生命周期越短，买方效用越低，市场评价越差，客户越容易流失。因此，需要加强数据交易市场与资本市场深度融合，建立规范、高效、安全、便利的数据资产化服务体系，促进数据要素市场化流通。

关键词：数据要素市场 数据资产定价 数据交易收益 效用理论 智能合约

一、引言

数据要素是数字经济深入发展的核心引擎，数据资产逐步成为经济发展的核心资产。2020年以来，中共中央、国务院先后审议颁布《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》《要素市场化配置综合改革试点总体方案》《关于加快建设全国统一大市场的意见》《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》等。这些文件指出，加快培育数据要素市场，发展数据资产评估、登记结算、交易撮合、争议仲裁等市场运营体系，稳妥探索开展数据资产化服务。《“十四五”数字经济发展规划》强调，加快数据要素市场化流通，鼓励市场主体探索数据资产定价机制，推动形成数据资产目录，逐步完善数据定价体系。因此，随着我国数字化转型升级和数字经济发展战略落地，数据资产作为经济社会发展的战略性资源，有着巨大的经济价值和社会价值，数据资产化是数据要素市场化的必然要求(尹传儒等,2021)。

从数据资源化到数据资产化是数据要素化价值实现的不同阶段。我国从2014年开始探索数据交易流通，各地先后成立40多家数据交易机构(数据交易所或数据交易中心等数据交易平台)，虽取得了不少成绩，但也暴露出一些问题，主要是数据资产定价机制和收益模式等内生性问题没有解决，面临“确权难、定价难、入场难、互信难、监管难”等五难困境，导致数据产品“不能流通、不可流通、不易流通”的现实问题一直存在，数据交易市场的成交量和成交率偏低，难以发挥数据要素市场的配置作用，迫切需要从理论角度对数据市场基本逻辑进行重新梳理(黄丽华等,2022a)。因此，本文拟从分析数据资产价格、交易收益与效用之间关系视角，针对数据要素市场供需双方需求，分析数据交易

^{*} 朱小能，上海财经大学金融学院、上海国际金融与经济研究院，邮政编码：200433，电子邮箱：zhu.xiaoneng@shufe.edu.cn；李雄一（通讯作者），上海财经大学金融学院，邮政编码：200433，电子邮箱：lixiyi@163.com。基金项目：国家社会科学基金重大项目(20&ZD102)，上海市高峰学科创新团队项目(2018110262)。感谢匿名审稿人的宝贵建议，文责自负。

价格形成机理,研究数据资产定价机制;从数据价格结构和数据价格水平角度,构建数据资产估值与定价两阶段模型,分析在不同定价方式和不同权属关系下,数据交易主体的最优价格和最大收益;从数据交换价值和使用价值等方面,剖析数据供给方、数据交易平台、数据需求方等收益与效用,对数据资产交易成本、生命周期、效用函数和市场评价等进行数值验证,探究数据要素市场化流通迫切需要解决的关键问题。

二、文献综述

“数据资产”最早由 Peterson(1974)提出,主要包括持有的政府债券、公司债券和实物债券等资产。随着时间推移,数据资产的内涵和外延也不断扩展,数据产品、数据商品、数据要素作为资产计入经济主体并作为经济活动的标的,特别是大数据时代数据作为一种重要的战略资源,其价值被不断挖掘与创造,产生出一种更有价值的资产属性(Raguseo,2018)。如许宪春等(2022)将“数据资产”定义为拥有应用场景且在生产过程中被反复或连续使用一年以上的数据,认为数据资产应作为生产资产纳入国民经济核算。因此,数据资产是指由个人或企业拥有或者控制,能够为企业带来未来经济利益的,以物理或电子的方式记录的数据资源,是拥有数据使用权、所有权、有价值、可计量、可读取的网络空间中的数据集合(陆岷峰、欧阳文杰,2021)。根据中国资产评估协会印发的《资产评估专家指引第9号——数据资产评估》,数据资产的经济因素包括数据资产取得成本、获利状况、交易价格、应用情况、市场规模、占有率和竞争情况。数据资产可以改变经济主体参与市场的信息不对称问题,有利于实现更有效率的交易,一方面,数据资产与传统资产相似,具有可交易属性等基本特征,并与有形资产、无形资产之间存在紧密联系(Dwivedi et al,2017);另一方面,数据资产与传统资产又存在着显著差异,通常包括非实体性、可复制性、不确定性、再生性、依托性、多样性、可加工性等特点,还表现在数据经过信息技术处理后形成融合形态数据资产等,影响其估值与定价(刘悦欣、夏杰长,2022)。由于数据资产的技术经济特殊性,其价格函数、购买行为、供需曲线及均衡状态都与传统资产定价有本质的区别,数据资产研究进展主要体现在以下几方面:

第一,数据资源权属关系。已有研究主要从数据所有权和数据使用权等数据交易法律规范制定上进行研究,高富平(2019)指出数据流通本质上是数据使用许可,涵盖一对一许可、一对多(众)许可和相互许可等,这三种许可构成了数据的三种流通方式。申卫星(2020)根据数据要素市场对数据的巨大需求,设定数据原发者拥有数据所有权、数据处理者拥有数据用益权的二元权利结构,实现数据财产权益分配均衡。徐涛等(2022)则提出在没有清晰地定义数据所有权的情况下,可以引入数据资源使用权概念,推进数据资产化进程。戴昕(2021)指出数据界权不应受确立财产所有权思路的局限,应以开放利用的价值逻辑为基础,在参与主体间利益互动关系层面界权。政府数据资产蕴含着巨大的经济价值和社会价值,是数字经济发展的基础和经济社会运行中最活跃的关键生产要素,它既以经济效益等物质形态存在于有形,也以数据隐性交换价值促进知识共享、形成数据洞察等社会效益而存在于无形(夏义堃、管茜,2022)。

第二,数据资产定价机制。Bergemann & Bonatti(2015)针对单个数据产品提供商向广告商销售个人购买特征数据的情况,提出一种整合数据资产定价模型。Niyato et al(2016)首次提出数据效用函数,用数据效用衡量数据价值来研究数字经济建模,将数据效用和收益模式进行关联分析,以此制定数据资产最优定价方案。Yu & Zhang(2017)从数据质量多个维度,提出更有效的市场细分定价模型,包括免费模型、免费增值服务模型、打包模型、按次付费模型、固定费用模型以及两阶段收费模型。赵丽和李杰(2020)基于讨价还价模型研究大数据资产定价,分析影响大数据资产定价的因素,包括数据权属、数据访问量及价格指标,用重置成本法、收益现值法给出大数据资产的理论价格区间,构建基于价格区间的三阶段讨价还价模型,得出了最终交易的均衡价格。彭刚等(2022)认为选择合适的计值方法测算数据资产价值是重点和难点所在,按照国民经济核算体系(SNA)一般性评估原则,对于外购数据资产应当选择市场交易价格进行计值,而自有账户数据资产则应该选择生产

成本法进行计值,如果数据的获取是通过市场交易时,应当按照实际交易价格对数据进行计值。

第三,数据交易流通安全。Kim et al(2012)通过对企业利益相关者的数据和信息搜集,发现有效的数据质量提升方法。Dwivedi et al(2017)将不同领域数据进行汇聚与融合,提升数据质量和利用价值。Wu et al(2018)设计了一个智能拍卖合同,尝试买卖双方在没有第三方的情况下也能有效地进行数据拍卖。Tian et al(2019)通过平衡数据交易收益与数据隐私成本之间的折中来最大化数据卖方获得的效用问题,提出了一种针对数据交易的最优合同交易机制。Xiong & Xiong(2021)基于区块链智能合约探讨大数据交易拍卖价格机制,建立反共谋大数据拍卖智能合约模型,探索“数据可用不可见”等交易范式。欧阳日辉和杜青青(2022)认为数据资产定价可以借鉴机器学习在金融资产定价领域中的应用,检验预期对资产价格的影响,如通过朴素贝叶斯法检验市场预期是否会影响折现因子的大小,进而提高定价模型的准确性等。

综上所述,已有研究主要在数据资源权属关系与配置、数据价值评估与定价、数据市场交易流通安全等方面有一些探索。(1)目前数据交易合法化前提已确立,数据交易意味着数据各种权利的转移或授予,但数据交易标的可复制性强,数据使用权难以多次转移或转授,所以还需要从数据权属关系等方面细化研究。(2)数据资产定价主要有成本定价、收益定价和市场定价等方法,大多从完全垄断定价、寡头垄断定价、购买感知定价等视角,对数据定价机制及价格影响因素进行研究,但是由于数据资产在成本结构、竞争性、损耗性等方面与其他资产存在差异,改变了数据交易市场的定价基础与供求结构,导致传统定价理论不再完全适用于数据资产定价。(3)已有数据交易安全研究文献从概念描述层面提出机器学习、区块链、智能合约等在数据交易市场中的思路,但是将数据资产流通扩展为数据、算法和算力等综合交易,进而衍生出数据资产组合产品,缺少对交易场景的数值验证性实验研究。

本研究贡献在于:一是在理论层面,围绕数据资产估值与价格,构建数据资产智能合约会员定价、数据资产交易平台和数据资产组合产品定价机制。以实名会员注册制信息结合区块链智能合约,在有效保障数据安全前提下,形成数据资产交易合同验证协议,有效降低数据资产交易价格。二是在实践层面,从数据所有权和用益权交易角度,探究不同数据资产交易的最优价格与最大收益,以促进数据资产配置效率的提升。从数据交易方式、数据生命周期、数据市场评价等方面,对所构建的数据资产定价模型进行数值分析及实验研究,为数据资产定价交易收益与效用提供参考。

三、模型构建与研究设计

数据要素资产具有与传统资产、金融资产不同的特点。一是数据要素具有虚拟性、非竞争性、价值不确定性和低复制成本等技术经济特征,是各种新业态、新模式运行的基础(蔡跃洲、马文君,2021)。二是数据资产具有非竞争性且边际成本接近于零,可以被无限分享和复制,数据资产在成本、价格公开的影响方面也与普通资产不同,再生产边际成本接近于零,数据资产存在价格外部性,数据价格的公开会泄漏数据的价值。三是数据资产的价值具有很大的不确定性,如果买方交易前不了解该数据资产的详细信息,会较难明确该数据能带来的效用价值,但如果买方了解数据的全部信息,购买该数据对买方的价值将降低并产生“信息悖论”(熊巧琴、汤珂,2021)。四是数据要素的生产函数、供给需求分析等方面均与传统生产要素有本质区别,为数据要素定价带来极大困难。这些瓶颈难题与数据要素所具有的独特技术经济特征有着密不可分的联系。

数据资产价值和价格反映了数据要素市场供求关系及可交易性。数据资产价值包括数据资产评估价值和数据资产交换价值,数据资产评估价值表现为估值,数据资产交换价值表现为定价,是构成数据要素市场流通交易的重要标的。数据价值不确定不利于数据资产定价,效用价格理论认为数据资产价格是由使用价值所决定,是价值形成、价格发现和竞价成交的过程,数据价值和市场价格贡献是数据资产定价机制的核心要素。而成本价格理论认为数据商品价格由数据采集、存储、加工、脱敏、传输等一系列成本所决定,只有合适的价格才能准确反映数据交换所蕴含的价值(Weyl,2019)。

根据卖方对数据资产加工整合的精细程度,数据交易可分为直接交易(或无中心交易)和间接交易(或有中心交易),直接交易和间接交易都可以实现价格歧视(熊巧琴、汤珂,2021)。

(一)基本假定与参数设置

效用理论是经济学中典型的决策理论,是对决策后果的主观评判,它以数学函数量化决策者对其后果的满意度。由于感知价值主观性及购买需求异质性,每个购买者对数据产品的感知价值不同。本文基于 Hotelling 模型和数据资产评估方法等,探索两阶段数据要素资产定价方法。依据数据资产特性提出模型的基本假定,构建数据资产智能合约会员定价、数据资产交易平台和数据资产组合产品定价模型,研究数据资产价格与交易收益及购买效用之间关系。具体来说:

一是假设效用函数是 $U_i = u_i - p$, 其中 u_i 是数据资产的需求者获取数据所得效用,而 p 为数据需求方为此支付的价格,在不同阶段(评估和定价)和不同合约下, u_i 的具体形式不同(详见后文定义)。以统筹协调数据要素市场价值传导设计数据资产估值与定价两阶段定价方式:第一阶段估值主要功能是服务于数据资产生产和加工,第二阶段定价核心功能在于服务数据资产交易流通。

二是通过研究不同定价机制的交易收益与效用,剖析数据资产在整个流通循环市场中价格形成与分配机制,以促进数据资产估值、定价、效益、效用的相互促进。并从数据流通驱动数据要素市场化视角,以双边市场、信息经济学和效用价值理论等为基础,分析数据资产交易的价格形成关系,研究提出数据资产智能合约会员定价,交易平台定价和组合产品定价模型,并研究其收益和效用。

三是在满足数据需求方效用的情况下,使平台利润最大化,寻找两者之间的均衡解。首先,确定数据需求两阶段感知效用,从而得出数据资产总体感知效用。其次,确定数据供给两阶段利润得出数据交易总利润函数。最后,在满足数据交易市场约束条件下,以平台利润最大化为目标函数,确定均衡时刻的最优定价。

具体参数设置见表 1 所示。

表 1 模型参数设置

| 参数和变量 | 含义 |
|------------|--|
| i | 数据资产数量, $i \in [1, n]$ |
| n | 数据交易市场中所能提供的数据资产数量上限 |
| N | 数据交易市场中数据资产需求方的购买者比例, $N < 1$ |
| X^s | 购买者在 s 阶段对数据资产的评价情况, X 为一列变量 |
| v_i | 购买者对数据资产 i 的感知价值, $v_i > 0$ |
| θ | 购买者对数据资产的市场评价, $0 \leq \theta \leq 2$ |
| t_i | 数据资产 i 的生命周期, $t_i \geq 0$ |
| α_i | 购买者对数据资产 i 的使用情况 |
| p_m | 智能合约会员定价, $p_m \geq 0$ |
| l | 数据资产交易平台的计费周期(时效性) |
| p_i | 数据资产 i 的交易平台定价, $p_i \geq 0$ |
| b_i | 数据需求方针对数据资产 i 的购买情况 |
| σ | 每一次数据交易所带来的效用损失系数, $0 < \sigma \leq 1$ |
| α | 数据需求方等待交易所产生的效用折扣系数, $0 < \alpha < 1$ |
| β | 用益权对数据价格的影响程度, $0 < \beta < 1$ |

由于数据需求方对数据资产的市场评价可以分为正面评价和负面评价,因此,在表 1 的模型参数设置中,本文假定 θ 的取值范围在 0 到 2 之间 ($0 \leq \theta \leq 2$), 包含了数据交易市场评价的正负两面评价。当 $\theta \in [0, 1)$ 时,负面评价对数据需求方的影响较大,使购买者对产品的感知价值降低;当 $\theta \in (1, 2]$

时,正面评价对购买者的影响较大,使购买者对产品的感知价值提高;当 $\theta=1$ 时,不存在正面或者负面市场评价,对购买者感知价值无影响。另外,数据需求方每一次购买行为都会出现交易成本,并且交易成本与数据资产价格相关,从而对交易收益与效用产生负向影响(Cheng et al,2003;Balasubramanian et al,2015)。因为平台交易是间接交易方式,数据交易平台定价决策主要表现在两个方面,即价格水平和价格结构(Rochet & Tirole,2003)。价格水平是指平台中产品的具体定价,价格结构是平台采用的定价策略所构成的价格组合。本文假定在每一次交易中购买者承受的效用损失与该数据价格成正比,比例系数记为 $\sigma(0<\sigma\leq 1)$ 。

下文主要围绕数据资产智能合约会员定价与收益,数据资产交易平台的定价与收益,数据资产组合产品定价与收益等展开研究。

(二)数据资产智能合约会员定价与收益

区块链技术是一种去中心化的分布式账本数据库,具有数据隐私保护、防篡改、可追溯等显著技术优势。由于每个数据资产可以拥有独特的散列值(hash value)和时间戳(time stamp),数据资产一旦在区块链上被数据确权,后续每一步操作都会被实时记录,很难被更改和删除,这为解决数据资产二次转售无迹可寻难题提供了思路(熊巧琴、汤珂,2021)。基于区块链智能合约包括交易处理机制和法律记录条款,是由程序自动执行的合约,具有去信任、安全、高效、无须第三方仲裁等优点。

考虑比较有代表性的数据交易场景,是由多个数据供应商、数据购买者和大数据交易中心等构建的数据交易智能合约。假设有一个包含 c 个数据供应(data supplier, DS_c)、 d 个数据购买者(data purchaser, DP_d)和 u 个数据交易中心(data trading center, DTC_u)的数据资产交易市场, DTC_u 是一个完全可信赖的数据交易所,并且在任何情况下都不会违反公平和公正原则,如图1所示。

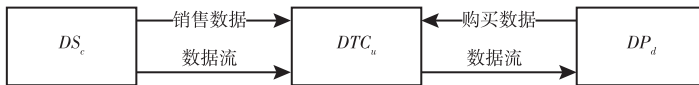


图1 基于智能合约的数据交易平台

本文数据交易智能合约主要是由三部分构成:

一是数据认证智能合约(certification data smart contract,CDSC),是用于存储交易细节的合约。它主要包括交易参与者、数据资产编号、数据资产购买目的、价格和数据资产购买协议等,并分为初始合约、待定合约和确认合约三个阶段。

二是数据交易智能合约(data trading smart contract,DTSC),是用于大数据交易的合约。它主要包括交易参与申请、押金支付、争议处理、支付结算和自动罚款等函数,分为开始交易、争议解决和结束交易三个阶段。

三是大数据资产交易智能合约模型(data trading smartcontract model,DTCM),是一个六元组, $DTCM=(DS,DP,DTC,DT,CB,f)$ 。其中, DS 表示数据供应商有限集, DP 表示数据购买者有限集, DTC 表示数据交易中心有限集, DT 表示数据交易集, DS 通过 DTC 向 DP 提供数据资产, CB 表示分布式记账和合约验证节点的有限集, f 表示从 DTC 到 CB 的映射(熊伟,2021)。

由会员制进一步发展而来的会员经济是以价值为基础的定价理念,通过提供访问权限而不仅仅是所有权,改变了统一定价的理念,成为一种新的定价模型。数据资产智能合约会员定价,是在实名注册制会员范围内,利用区块链的智能合约协议,进行数据资产交易的定价机制,主要由会员费静态价格和数据交易动态价格等组成。智能合约是执行合约条款的计算机交易协议,数据交易合约是数据供给方、第三方交易平台和数据需求方共同达成的数据交易协定,智能合约可将数据资产用一个二元组来表示(Giancaspro,2017),即: $SC=\{C,W\}$,其中, SC 表示智能合约, C 表示以数字形式定义的承诺, W 表示参与实体可以执行这些承诺的协议。这样可以极大提高模型计算效率和优化数据定价机制,实现动态定价。在数据交易时,采用智能合约执行数据交易协议的法律条款,区块链技术生成的数字时间戳和散列值对数据资产进行确权,同时有效地记录交易时序和交易过程,实现

数据要素资产的数据所有权和使用权的分离,使数据资产价值得到更全面评估(欧阳日辉、杜青青,2022)。

数据资产定价主要包括生产成本、资产质量、应用效益和风险水平等。购买产品的先验性是指,购买者会基于购买使用后的相关经验对产品价值进行判断(Villas-Boas,2004)。购买者存在购买经验产品的特点(刘洋、廖貅武,2013),购买者购买某产品时,由于他没有该产品的购买使用经验信息(Jiang & Guo,2015),所以会基于产品广告、类似品牌的消费经验等因素对该产品进行价值评估,在购买者购买该产品前产生一个事前期望价值(徐兵、张阳,2020),即感知价值。而资产交易并非一般意义上的消费行为,故将购买者称为数据资产的需求者,那么根据数据资产的先验性特征,购买者在购买后才能对数据资产的价值进行判断。因此,数据资产的需求者在第一阶段估值结果会对在第二阶段定价产生影响。通过建立数据资产“估值一定价”市场管理体制和运行机制,完善数据交易的核心主体功能(陆岷峰、欧阳文杰,2021)。

1. 第一阶段,数据资产估值。数据资产定价并不是一个通俗意义上的价格发现过程。因此,数据资产估值是数据资产定价前提,是从数据供给和需求角度对数据进行资产评估,对会员之间数据交易提供智能化合同约定的定价基准。在数据交易中,机器学习可处理快速变化、大型复杂的数据竞价匹配。在数据交易市场双边匹配模型与决策方法支持下,数据资产定价是在估值基础上,利用价格发现机制进行数据资产竞价匹配。在机器学习模型中输入真实数据来检验定价模型的有效性,对数据要素市场可接受价格进行调整,通过会员智能合约达成对数据资产定价。

假设数据供给方有数据资产 i ,数据资产智能合约会员价格为 p_m 。数据购买方实名注册会员后,使用数据资产 i 的时长 t_i 来定义数据资产购买者的使用情况 α_i 。若 $t_i > 0$,则购买方使用了数据资产 i ,记 $\alpha_i = 1$;若 $t_i = 0$,则购买方没有使用数据资产 i ,记 $\alpha_i = 0$ 。从而可以得出数据资产购买者使用过的数据资产数量: $Q_m = \sum_{i=1}^n \alpha_i$ 。受到数据资产购买者感知效用和数据交换效用影响,数据资产在第一阶段的效用函数为:

$$U_m^1 = \sum v_i \cdot \alpha_i^1 - p_m^1$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum v_i \geq p_m^1 \\ \sum t_i \cdot \alpha_i^1 \leq l \\ \sum \alpha_i^1 \leq n \end{cases} \quad (1)$$

其中, α_i 为购买者对数据资产 i 的使用情况。数据资产不同于其他资产,第一阶段购买会员的数量受到数据资产需求者感知效用的影响。在个人理性约束的影响下,当数据资产需求者在第一阶段购买智能合约会员所带来的效用大于第二阶段的效用时,才会选择在第一阶段购买。本文对整个市场的数据资产需求者感知价值进行标准化处理,上限为 1,即市场中购买数据资产的需求者比例范围 $0 < N < 1$,感知价值范围 $0 < v < 1$ 。所以,感知价值可以反映市场需求,第一阶段会员的市场需求为 $N^1 = 1 - v^1$ 。当感知价值 $v \in [v^1, 1]$ 时,数据资产的需求者会选择在第二阶段购买智能合约会员,其中 v^1 为第一阶段购买会员与第二阶段购买会员效用无差异点的数据资产需求者临界感知价值。

对于数据供给方,数据资产智能合约会员定价在第一阶段估值的收益函数为:

$$\pi_m^1 = N^1 \cdot p_m^1 = (1 - v^1) \cdot p_m^1 \quad (2)$$

当数据估值被会员接受即有市场需求,可进入第二阶段数据交易环节选择是否购买。

2. 第二阶段,数据资产定价。由于数据资产存在先验性特征,数据资产需求者在购买后才能对数据资产的价值进行判断,从而产生评价。因此,数据资产需求者在第一阶段购买后所产生的评价信息,会对不选择第一阶段购买而在第二阶段的其他需求者购买决策产生影响。所以当数据资产需求者选择在第二阶段进行购买时,这类需求者在第一阶段就处于等待状态,从而产生效用折扣。假定由等待所产生的效用折扣系数为 α ($0 < \alpha < 1$),需求者对数据资产的评价为 θ ($0 < \theta < 2$)。因此,在

进行数据要素资产估值后,第二阶段数据资产定价的效用函数为:

$$U_m^2 = \sum \theta \alpha v_i \cdot \alpha_i^2 - p_m^2$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum v_i \geq p_m^2 \\ \sum t_i \cdot \alpha_i^2 \leq l \\ \sum \alpha_i^2 \leq n \end{cases} \quad (3)$$

对于第二阶段购买的数据资产需求者,在受个人理性约束的影响下,只有当数据资产所带来的效用大于零,才会进行第二阶段购买行为。当需求者感知价值 $v \in [v^2, v^1]$ 时,数据需求方才会第二阶段完成数据资产定价与交易,最终达成供需匹配状态,数据要素市场出清价格。因此,在第二阶段进行数据资产交易定价的市场需求为: $N^2 = v^1 - v^2$, 其中, v^1 为第一阶段购买会员与第二阶段购买效用无差异点的数据资产需求者临界感知价值, v^2 为第二阶段购买会员与不购买的效用无差异点的数据资产需求者临界感知价值。

数据资产智能合约会员定价在估值阶段的收益函数为:

$$\pi_m^2 = N^2 \cdot p_m^2 = (v^1 - v^2) \cdot p_m^2 \quad (4)$$

因此,数据资产智能合约会员定价的总收益为:

$$\pi_m = \pi_m^1 + \pi_m^2 = (1 - v^1) \cdot p_m^1 + (v^1 - v^2) \cdot p_m^2 \quad (5)$$

(三)数据资产交易平台定价与收益

基于交易平台的数据流通也是目前数据交易市场主要途径之一,数据交易平台主要包含综合数据服务平台和第三方数据交易平台两种模式。从数据要素市场看,数据资产竞价方式与其他金融交易所、商品交易所等有所不同,数据交易平台上大多是以数据产品等流通的数据资产定价,数据资产是数据要素商品化后的标准资产或定制资产,是数据要素价值化、资产化的载体,是基于双边市场的交易平台定价机制。因此,本研究主要针对数据交易平台,数据的采集者替代了传统商品交易价值链上生产者角色,数据的价值体现须经过一系列的处理,如数据生产、搜集、标注、清洗、聚合等工作特点(龚强等,2022),综合考虑数据交易主体的主观性和数据交易对象的客观性进行一对一双边匹配,构建以匹配主体满意度最高为目标的数据资产交易平台定价与收益模型。

1. 第一阶段,数据资产估值。需求者在数据资产平台上进行交易时,针对数据资产进行定价,记为 p_i ($p_i \geq 0$),需求方对数据资产 i 的购买情况为 b_i ($b_i = 0$ 或 1),对于数据资产 i ,需求方在第一阶段的效用为 $u_i^1 = v_i - (1 + \sigma) p_i^1$,在第二阶段的效用为 $u_i^2 = \theta \alpha v_i - (1 + \sigma) p_i^2$ 。依据感知价值理论,若 $u_i^1 \geq u_i^2$,说明需求方会在第一阶段购买数据资产 i ,记 $b_i^1 = 1$;若 $u_i^1 < u_i^2$,则购买者不会购买该数据资产 i ,记 $b_i^1 = 0$ 。从而可以推出需求者购买数据资产的数量为: $Q_k^1 = \sum b_i^1$,其中 $\sum b_i^1 \leq n$,即 $Q_k^1 \leq n$ 。

在数据资产交易平台定价下,需求者在第一阶段数据资产估值的效用函数为:

$$U_k^1 = \sum [v_i - (1 + \sigma) \cdot p_i^1] \cdot b_i^1 \quad (6)$$

在第一阶段,数据要素市场中购买数据资产 i 的数量受需求者感知效用的影响。同样由于受个人理性约束的影响,需求者只有当在第一阶段购买数据资产所带来的效用大于或等于在第二阶段购买数据资产所带来的效用,即需求者感知效用 $v_i \in [v_i^1, 1]$ 时,才会第一阶段购买数据资产。另外,由于数据资产需求者的异质性,对于同一数据资产,不同的需求者对其感知价值不同,但每个数据资产需求者的感知价值都是唯一的。因此,第一阶段数据资产 i 的市场需求为: $N_i^1 = 1 - v_i^1$ 。其中, v_i^1 为第一阶段购买数据资产 i 与第二阶段购买数据资产 i 效用无差异点的需求者临界感知价值。

数据资产交易平台第一阶段数据资产估值的收益函数为:

$$\pi_k^1 = \sum N_i^1 \cdot p_i^1 = \sum (1 - v_i^1) \cdot p_i^1 \quad (7)$$

2. 第二阶段,数据资产定价。数据资产交易平台定价时,对于某个数据资产,交易平台定价主要是基于平台交易的三个基本特点,即双边性,交叉网络外部性和价格结构非中性特征,当需求者的感知效用大于零才会购买该数据资产。若 $u_i^2 > 0$, 购买者对数据资产 i 的购买情况 $b_i^2 = 1$; 若 $u_i^2 \leq 0$, 记 $b_i^2 = 0$ 。从而数据资产的需求者购买数据资产数量为: $Q_k^2 = \sum b_i^2$, 其中 $\sum b_i^2 \leq n$, 即 $Q_k^2 \leq n$ 。

购买者在第二阶段数据资产定价的效用函数为:

$$U_k^2 = \sum [\theta \alpha v_i - (1 + \sigma) \cdot p_i^2] \cdot b_i^2 \quad (8)$$

在第二阶段,数据要素市场中购买数据资产 i 的需求者数量受感知效用的影响。由于受个人理性约束的影响,数据资产需求者只有当在第二阶段购买产品所带来的效用大于零,即需求者感知效用 $v_i \in [v_i^2, v_i^1]$ 时,才会在第二阶段购买数据。因此,第二阶段数据资产 i 的市场需求为: $N_i^2 = v_i^1 - v_i^2$ 。其中, v_i^1 为第一阶段购买数据资产 i 与第二阶段购买数据资产 i 效用无差异点的需求者临界感知价值, v_i^2 为第二阶段购买数据资产 i 与不购买数据的效用无差异点。

数据交易平台在第二阶段的收益函数为:

$$\pi_k^2 = \sum N_i^2 \cdot p_i^2 = \sum (v_i^1 - v_i^2) \cdot p_i^2 \quad (9)$$

综上,数据资产交易在平台定价方式下的总收益为:

$$\pi_k = \pi_k^1 + \pi_k^2 = \sum (1 - v_i^1) \cdot p_i^1 + \sum (v_i^1 - v_i^2) \cdot p_i^2 \quad (10)$$

(四)数据资产组合产品定价与收益

数据价值链是数据从原始数据、数据资源到数据产品、数据资产的过程(黄丽华等,2022b)。随着数据要素市场化发展推动数据资产化创新,数据资产流通将扩展为数据、算法、算力等综合交易,进而衍生出数据资产组合产品定价策略。数据资产是数据要素商品化后的标准资产或定制资产,是数据要素价值化,资产化的载体,是基于双边市场的交易平台定价机制(上海数据交易所研究院,2022)。在数据资产组合产品定价中,数据购买者受需求效用函数影响和激励相容约束的共同作用,可以选择以上两种定价方式中任何一种也可以选择两者的组合。

在数据资产智能合约会员定价下,数据资产需求者总效用函数为:

$$U_m = U_m^1 + U_m^2 = \sum v_i \cdot \alpha_i^1 - p_m^1 + \sum \theta \alpha v_i \cdot \alpha_i^2 - p_m^2 \quad (11)$$

在数据资产交易平台定价方式下,数据资产需求者总效用函数为:

$$U_k = U_k^1 + U_k^2 = \sum [v_i - (1 + \sigma) p_i^1] \cdot b_i^1 + \sum [\theta \alpha v_i - (1 + \sigma) p_i^2] \cdot b_i^2 \quad (12)$$

假定两种定价方式之间效用差为 $\Delta U = U_m - U_k$ 。若 $\Delta U \geq 0$, 在数据资产组合产品定价下交易效用 $U_{mk} = U_m$; 若 $\Delta U < 0$, 则 $U_{mk} = U_k$ 。

由式(5)和式(10)计算可得,数据资产组合产品定价模型的总收益函数为:

$$\pi_{mk} = \pi_m + \pi_k = (1 - v^1) \cdot p_m^1 + (v^1 - v^2) \cdot p_m^2 + \sum (1 - v_i^1) \cdot p_i^1 + \sum (v_i^1 - v_i^2) \cdot p_i^2 \quad (13)$$

从以上分析可以看出,价格反映了数据资产的交换价值,效用体现了数据资产的使用价值,研究数据资产智能合约会员定价、数据资产交易平台定价、数据资产组合产品定价三个模型,为数据要素市场数据资产定价研究提供了理论探索。

四、价格优化与收益分析

数据资产定价能在数据交易中为供求双方等带来收益才能激活数据要素市场。为了更清楚分

析数据资产定价对交易收益的影响,本文在此对最优定价及收益最大化进行详细研究。数据要素市场可交易的数据产权主要有所有权、使用权、收益权等,数据所有权是指所有权人依法对自己数据享有占有、使用、收益和处分的权利,对于可以清晰识别数据来源的生产者可分配数据所有权。数据用益权是对他人所有数据享有使用和收益的权利,包括数据使用权和用益权。一般是数据原发者拥有数据所有权,交易平台作为数据处理者拥有数据用益权。在这种情境下,数据处理者能够在获得授权的基础上享有数据用益权,而数据原发者能够在保障其初始权利的基础上将数据作为功能要素换取不同或者更好的智能化服务,促进数据要素流通与利用,对数据的隐私保护、流通和交易提供了法律依据,对于那些因多方参与以至于难以划分的数据,通过智能合约按照合同约定来分配数据用益权,从而促进数据要素流通,以此实现数据要素权益分配并进行交易(申卫星,2020)。

(一)数据资产定价方式下所有权交易价格优化与最大收益

数据资产所有权交易是指数据交易双方直接产生数据所有权属变更的交易,强调对数据资产及服务的一次性交易,如数据集的交易等。为了使模型推导更符合实际,假定双方进行数据资产所有权交易,数据购买者在比较所带来的收益和感知价值后选择是否交易。

1. 数据资产智能合约会员定价下所有权交易价格优化与最大收益。如果数据供给方拥有数据所有权,交易双方就可以按照智能合约合同协议,通过数据资产智能合约会员定价方式进行数据所有权的正常交易。在数据资产第一阶段的估值环节,如果数据需求方第一阶段的感知效用 u^1 大于或等于第二阶段的效用 u^2 ,那么就有可能在第一阶段购买数据资产。

由 $u^1 \geq u^2$,即 $v - p_1 \geq \theta\alpha v - p_2$ 可知,数据资产的需求者需求临界感知价值为: $v^1 = \frac{p_1 - p_2}{1 - \theta\alpha}$ 。

在数据资产第二阶段的定价环节,如果第二阶段效用 $u^2 > 0$,即由 $\theta\alpha v - p_2 > 0$ 可知,数据购买临界价值为 $v^2 = \frac{p_2}{\theta\alpha}$,购买数据资产为 $N^2 = v^1 - v^2$ 。在基于所有权的数据资产智能合约会员定价方式下,数据供给方的收益为:

$$\pi_m = N^1 p_1 + N^2 p_2 = p_1 - \frac{(p_1 - p_2) p_1}{1 - \theta\alpha} + \frac{(p_1 - p_2) p_2}{1 - \theta\alpha} - \frac{p_2^2}{\theta\alpha} \quad (14)$$

数据交易的最优价格 $p_1^* = \frac{1}{2}$, $p_2^* = \frac{\theta\alpha}{2}$ 。因此,会员合约数据所有权交易下最大收益 $\pi_m^* = \frac{1}{4}$ 。

2. 数据资产交易平台定价下所有权交易价格优化与最大收益。如果数据供给方将所有权转让给第三方交易平台,那么平台就拥有数据所有权并可以和数据需求方正常交易。

在数据资产第一阶段的估值环节,由 $u^1 \geq u^2$,即: $v - (1 + \sigma)p_1 \geq \theta\alpha v - (1 + \sigma)p_2$,可知数据购买者临界感知价值为: $v^1 = \frac{(1 + \sigma)p_1 - p_2}{1 - \theta\alpha}$,数据需求量为: $N^1 = 1 - v^1$ 。

在数据资产第二阶段的定价环节,由 $u^2 > 0$,即: $\theta\alpha v - (1 + \sigma)p_2 > 0$,可知数据购买者临界感知价值为: $v^2 = \frac{(1 + \sigma)p_2}{\theta\alpha}$ 。数据资产交易量为: $N^2 = v^1 - v^2$ 。

因此,基于数据所有权交易的交易平台收益为:

$$\begin{aligned} \pi_k &= N^1 p_1 + N^2 p_2 \\ &= p_1 - \frac{(1 + \sigma)(p_1 - p_2) p_1}{1 - \theta\alpha} + \frac{(1 + \sigma)(p_1 - p_2) p_2}{1 - \theta\alpha} - \frac{(1 + \sigma) p_2^2}{\theta\alpha} \end{aligned} \quad (15)$$

同理,求得最优价格 $p_1^* = \frac{1}{2(1 + \sigma)}$, $p_2^* = \frac{\theta\alpha}{2(1 + \sigma)}$ 。因此,交易平台的最大收益 $\pi_k^* = \frac{1}{4(1 + \sigma)}$ 。

(二)数据资产定价下用益权交易价格优化与最大收益

在数据要素市场,除了让渡所有权外,更多是数据用益权的一次性授予,可以基于用益权、使用权、收益权进行数据资产交易。假定用益权对数据价格的影响程度为 $\beta(0 < \beta < 1)$,从而 $v_2 = \beta v_1$ 。其

中, v_1 为用益权的感知价值, v_2 为所有权的感知价值, β 值越大表示数据用益权与数据所有权的差异越小。

1. 数据资产智能合约会员定价下用益权交易价格优化与最大收益。假定采用数据所有权与数据用益权二元分立的确权方式, 数据供给方具有数据资产所有权, 交易平台拥有数据资产用益权。基于数据资产智能合约会员定价机制, 针对用益权多次数据交易的调用模式进行数据交易。在数据资产第一阶段的估值环节, 如果数据需求方第一阶段的感知效用 u^1 大于或等于第二阶段的效用 u^2 , 那么就有可能在第一阶段购买数据资产。

由 $u^1 \geq u^2$, 即 $v_1 + v_2 - p_1 \geq \theta_1 \alpha v_1 + \theta_2 \alpha v_2 - p_2$ 可知, 数据购买者临界感知价值为 $v_1^1 = \frac{p_1 - p_2}{1 + \beta - \theta_1 \alpha - \theta_2 \alpha \beta}$ 。

其中, v_1^1 表示为第一阶段用益权的感知价值; v_1^2 表示为第二阶段用益权的感知价值, 会员合约数据购买者数量为: $N^1 = 1 - v_1^1$ 。

当进入数据资产第二阶段的定价环节, 由 $u^2 > 0$, 即 $\theta_1 \alpha v_1 + \theta_2 \alpha v_2 - p_2 > 0$ 可知, 数据资产需求者临界感知价值为 $v_1^2 = \frac{p_2}{(\theta_1 + \theta_2 \beta) \alpha}$ 。数据用益权的购买比例为: $N^2 = v_1^1 - v_1^2$ 。

因此, 使用权的会员合约数据资产第三方交易平台定价下平台收益为:

$$\begin{aligned} \pi_m &= N^1 p_1 + N^2 p_2 \\ &= p_1 - \frac{(p_1 - p_2) p_1}{1 + \beta - \theta_1 \alpha - \theta_2 \alpha \beta} + \frac{(p_1 - p_2) p_2}{1 + \beta - \theta_1 \alpha - \theta_2 \alpha \beta} - \frac{p_2^2}{(\theta_1 + \theta_2 \beta) \alpha} \end{aligned} \quad (16)$$

同理, 求解得到数据第三方交易平台最优价格 $p_1^* = \frac{1 + \beta}{2}$, $p_2^* = \frac{(\theta_1 + \theta_2 \beta) \alpha}{2}$ 。会员合约定价下用

益权交易最大收益 $\pi_m^* = \frac{1 + \beta}{4}$ 。

2. 数据资产交易平台定价下用益权交易价格优化与最大收益。用户授权平台在保证其个人隐私不被泄露和滥用的情况下使用其数据, 平台享受数据用益权, 交易主体间通过交易平台实现数据资产估值和定价的数据价值最大化, 即 $\alpha_i = 1, b_i = 1$ 。

在数据资产第一估值阶段, 由 $u^1 \geq u^2$, 即 $v_1 + v_2 - (1 + \sigma)(p_1^1 + p_2^1) \geq \theta_1 \alpha v_1 + \theta_2 \alpha v_2 - (1 + \sigma)(p_1^2 + p_2^2)$ 。其中, p_1^1 表示为第一阶段用益权定价; p_2^1 表示为第二阶段用益权定价; p_1^2 表示为第一阶段所有权定价; p_2^2 表示为第二阶段所有权定价。由此, 数据购买者临界感知价值为 $v_1^1 = \frac{(1 + \sigma)[(p_1^1 + p_2^1) - (p_1^2 + p_2^2)]}{1 + \beta - \theta_1 \alpha - \theta_2 \alpha \beta}$, 数据需求量为 $N^1 = 1 - v_1^1$ 。

当处于第二阶段的定价环节时, 由 $u^2 > 0$, 即 $\theta_1 \alpha v_1 + \theta_2 \alpha v_2 - (1 + \sigma)(p_1^2 + p_2^2) > 0$ 可知, 数据购买者临界感知价值为 $v_1^2 = \frac{(1 + \sigma)(p_1^2 + p_2^2)}{\theta_1 \alpha + \theta_2 \alpha \beta}$, 数据要素资产销量为 $N^2 = v_1^1 - v_1^2$ 。

因此, 用益权数据资产交易定价方式下交易平台的收益为:

$$\begin{aligned} \pi_k &= N^1 (p_1^1 + p_2^1) + N^2 (p_1^2 + p_2^2) \\ &= (p_1^1 + p_2^1) - \frac{(1 + \sigma)(p_1^1 + p_2^1)[(p_1^1 + p_2^1) - (p_1^2 + p_2^2)]}{1 + \beta - \theta_1 \alpha - \theta_2 \alpha \beta} \\ &\quad + \frac{(1 + \sigma)(p_1^2 + p_2^2)[(p_1^1 + p_2^1) - (p_1^2 + p_2^2)]}{1 + \beta - \theta_1 \alpha - \theta_2 \alpha \beta} - \frac{(1 + \sigma)(p_1^2 + p_2^2)^2}{\theta_1 \alpha + \theta_2 \alpha \beta} \end{aligned} \quad (17)$$

为了方便计算, 记 $p_1^1 + p_2^1 = p^1, p_1^2 + p_2^2 = p^2$ 。其中, p^1 表示为第一阶段的定价, 包含了用益权和所有权; p^2 表示为第二阶段的定价。同理, 可以得出数据平台最优价格 $p^1^* = \frac{1 + \beta}{2(1 + \sigma)}, p^2^* = \frac{\theta_1 \alpha + \theta_2 \alpha \beta}{2(1 + \sigma)}$ 。

交易平台最大收益 $\pi_k^* = \frac{1 + \beta}{4(1 + \sigma)}$ 。

(三)数据资产组合产品定价下两种权益交易价格优化与收益分析

数据要素市场大多包含不同属性的数据集、数据产品、算法和算力等多种产品,而数据资产包括实时交换数据、离线数据包、模型、算法等多种组合。数据交易可分为直接交易和间接交易。一是由数据密集型企业(如中国电信、国家电网、阿里巴巴等)或数据服务企业主导的交易市场(如聚合数据、数据堂、京东万象等),可采用会员制直接交易;二是由政府等指导的平台类市场(如贵阳大数据交易所、上海数据交易所、北京国际大数据交易所等),可采用数据资产交易平台定价(黄丽华等,2022b)。随着全国统一大市场建设逐步推进,可以探索这两种交易模式的有机组合,因此,需要研究数据资产组合产品定价机制,以构成不同数据交易权益的最优价格和最大收益。考虑到数据要素市场有数据所有权和数据收益权组合的交易方式,购买方可以根据偏好选择数据资产组合产品定价。数据是有生命周期或需要定期更新的,因此,数据资产确认是一个不断连续的过程。为了使模型推导更有意义,在前面研究智能合约会员定价和交易平台定价基础上,本文假设数据资产的需求者选择数据所有权和数据用益权组合资产定价,数据资产组合产品交易的最大收益 $\pi_{mk}^* = \pi_m^* + \pi_k^* = \frac{1}{4} + \frac{1}{4(1+\sigma)}$ 。

通过以上研究可知,对于数据要素市场,采用不同定价方式进行数据交易时,数据供给方和平台的收益也不相同,需要探索多边定价机制并建立自动化评估流程。三种定价方式的最大收益如表2所示。

表2 不同定价方式数据供给方的最大收益

| 定价方式 | 数据供给方/平台最大收益 |
|--------------|--|
| 数据资产智能合约会员定价 | $\pi_m^* = \frac{1+\beta}{4}$ |
| 数据资产交易平台定价 | $\pi_k^* = \frac{1+\beta}{4(1+\sigma)}$ |
| 数据资产组合产品定价 | $\pi_{mk}^* = \frac{1}{4} + \frac{1}{4(1+\sigma)}$ |

当数据资产供给方的平台收益最大时,数据资产需求方的效用如表3所示。

表3 不同定价方式数据资产需求方的效用

| 定价方式 | 数据需求方的效用 |
|--------------|--|
| 数据资产智能合约会员定价 | $U_m^* = (1+\theta_1\alpha)v_1 + (1+\theta_2\alpha)v_2 - \frac{1+\beta}{2} - \frac{\theta_1\alpha + \theta_2\alpha\beta}{2}$ |
| 数据资产交易平台定价 | $U_k^* = (1+\theta_1\alpha)v_1 + (1+\theta_2\alpha)v_2 - \frac{1+\beta}{2} - \frac{\theta_1\alpha + \theta_2\alpha\beta}{2}$ |
| 数据资产组合产品定价 | $U_{mk}^* = (1+\theta_1\alpha)\left(v_1 - \frac{1}{2}\right) + (1+\theta_2\alpha)\left(v_2 - \frac{1}{2}\right)$ |

从表2和表3可以看出,当数据供给方平台收益最大化时,对数据需求方来说,选择数据资产智能合约会员定价还是数据资产交易平台定价效用是相同的,即 $U_m^* = U_k^*$;而对于平台来说,采用数据资产智能合约会员定价时,获得收益大于数据资产交易平台定价的收益,即 $\pi_m^* > \pi_k^*$ 。对于数据提供商来说,意味着更多的数据处理环节和更高生产和交易成本。但是数据的复制和分发成本可以忽略不计,数据要素生产成本特性体现了对数据产品的特殊定价机制的需求,采取要素合约数据资产定价时,可以使用享有数据用益权交易也可以选择数据所有权交易。

购买者对数据产品偏好也是影响数据资产组合产品价格与收益的主要因素之一。假定交易效用

折扣系数 $\alpha=0.5$, 购买者对拥有有益权的数据要素资产 1 的评价分别为 $\theta_1=2, 1, 0.5$, 对拥有所有权数据要素资产 2 的评价为 $\theta_2=1$, 这样正好组成三个组合, 分别是 $\theta_1 > \theta_2, \theta_1 = \theta_2, \theta_1 < \theta_2$ 。如图 2 所示。

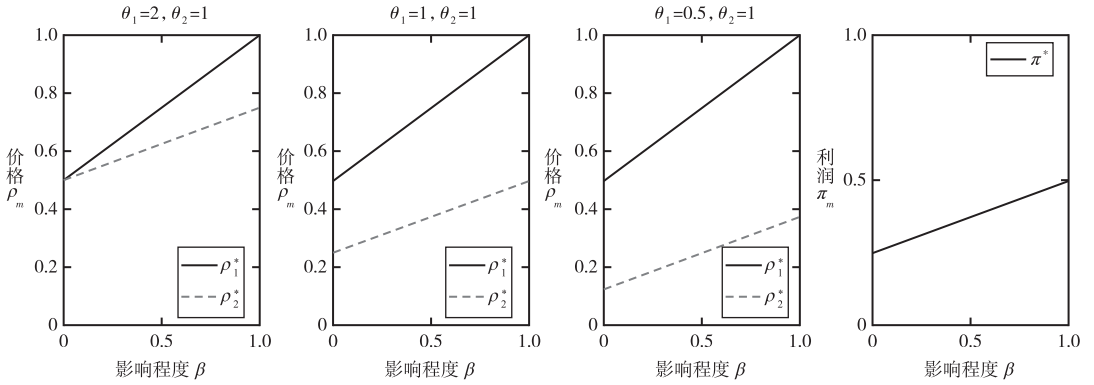


图 2 数据资产组合产品定价数据权益交易中需求偏好对最优价格和最大收益的影响

从图 2 中还可以看出, 数据资产组合产品的最优价格差异既与数据要素市场的评价相关, 也与购买者对数据资产的偏好有关, 其最优价格受到购买需求偏好评价与其他评价之间差异的影响, 若对数据产品偏好评价大于其他产品的评价, 即 $\theta_1 > \theta_2$, 则平台价格最优; 如果需求偏好相同, 则为同类数据资产或互补性数据资产。在同一组合中, 资产偏好 β 越大, 数据最优价格越高, 表明数据资产组合产品定价中拥有有益权的数据和拥有所有权的数据资产之间差异越小。另外, 平台最大收益随着数据资产需求者对产品偏好的增加而增加, 这也印证了数据资产组合产品定价时, 对权益内所包含的数据应充分考虑数据资产需求偏好这一因素。

同理, 数据交易成本、市场评价等也是数据交易的重要影响因素。当数据资产供给方提供数据资产组合产品定价模式时, 数据资产需求方效用要受到数据时效性、数据资产价格变化等交易效用影响。而数据购买者要考虑会员定价、交易平台模式下的双重效用, 即双重组合定价模式下的数据需求方效用, 需求者选择购买哪种定价模式下的数据资产, 需要对比双重组合定价模式下的效用、单一会员定价模式下的效用, 以及单一平台定价模式下的效用, 选择效用高的定价模式。因此, 在满足数据资产供给方、第三方交易平台收益的前提下, 还需要考虑数据资产需求方、交易效用和定制需求, 下面将针对数据需求方研究交易效用。

五、交易效用数值分析

价格体现的是数据交易价值, 效用体现的是数据使用价值, 交易效用是商品参考价格和商品实际价格之间差额的效果, 决定购买者是否能够获得收益进而影响购买决策。在数据要素价值形成的基础上, 数据资产依托于交易场景定价激励机制, 在市场竞争中形成均衡价格。下文主要从数据需求方对不同定价方式下交易效用进行实际验证。

(一) 交易主体与数据来源

交易主体主要有数据源、数据供给方、数据交易平台、数据需求方以及监管保障体系等。数据供给方将数据源确权后形成数据交易标的, 由数据交易平台登记、评估、脱敏等加工处理, 从数据资源到数据产品并形成数据资产, 进入数据挂牌撮合环节。数据需求方通过数据交易平台寻找所需数据, 待完成协议、支付、监管备案后达成合法性数据资产交易, 数据交易平台上数据产品要经过加工、定价、交易等一系列处理和脱敏才能进行交易, 不仅安全性高, 数据质量更有保证。

数据来源是从五家数据交易机构网站收集到的, 脱敏处理后交易数据量 $Q_m = 150$ 个, 跟踪交易时间跨度为一年。考虑到数据的使用寿命有长有短, 不同的数据类型和使用场景, 数据资产价值的实现要经过一系列筛选、清洗、分析、挖掘等处理过程。去掉“价格面议”等数据产品, 主要选取在有

效数据生命周期内,以“个”“条”“笔”等单位的交易数据,在保护数据安全与隐私的前提下分类处理形成计算机仿真数据。交易市场的信息主要包括:数据名称、数据价格、数据类型、发布时间、更新时间、市场评价、数据来源、数据领域等,并运用此数据进行交易效用实验研究。

(二)数据资产智能合约会员定价方式下交易效用

1. 第一阶段,数据资产估值。数据资产智能合约会员价格和计费周期(时效性)是影响购买者感知效用的重要因素。计费周期越短,表明在固定时间跨度中平台收取会员价格的次数越多,购买者的感知价值也会相应减少,而减少的幅度与会员价格有密切关系。计费周期主要受到数据资产的生命周期影响,数据资产的生命周期主要包括数据采集、数据传输、数据存储、数据处理、数据交换、数据销毁等阶段。假定数据量 $Q_m=1,2,\dots,150$,数据资产智能合约会员价格分别为 $p_m=5,10,20$,数据时效性分别是 $l=50,100,200$,需求方效用曲线如图3所示。

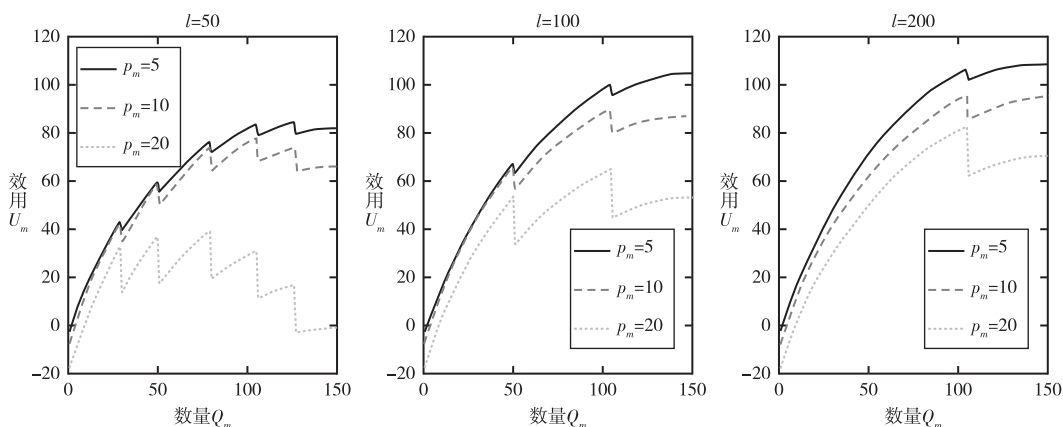


图3 数据资产智能合约会员定价第一阶段时不同价格的交易效用

从图3中可以看出,一方面,会员合约数据价格与交易效用有密切关系。开始时,交易效用随着数据资产交易量的增加而增大,但是到达一定交易量以后,交易效用缓慢上升且边际效用递减。在同一生命周期内,数据资产智能合约会员价格越高,购买者边际效用递减的速度越快,最终的效用也越低。反之,数据资产智能合约会员价格越低,购买者效用边际增加越多,最终效用就越高。另一方面,交易效用与数据资产的时效性密切相关,数据资产的时效性越短,价格越高,数据资产需求者效用越大。数据资产的时效性越短,交易效用的骤降次数越多下降幅度越大,从而数据购买者效用的损失越多。随着数据资产的时效性增加,由数据资产智能合约会员价格和时效性引起的数据资产需求者效用差异会愈来愈明显。

2. 第二阶段,数据资产交易。市场评价是影响数据资产价格形成的因素之一。由上文分析可知,数据资产智能合约会员价格和数据时效性都对交易效用具有显著影响,因此,将数据资产智能合约会员价格 p_m 和时效性 l 进行不同组合, $(p_{m1}, l_1) = (20, 50)$, $(p_{m2}, l_2) = (10, 100)$, $(p_{m3}, l_3) = (5, 200)$,并添加三组市场评价,分别为: $\theta=2, 1.5, 0.5$,数据资产需求者由等待而引起的折扣系数为 $\alpha=0.5$ 。在数据资产智能合约会员定价下,市场评价的交易阶段效用曲线如图4所示。

市场评价是对数据资产价值和使用价值在数据要素市场上得到承认的程度。从图4可以看出,随着数据资产交易量的增加,在任意的组合中,市场评价对交易效用都具有显著影响,而且从曲线趋势来看是市场评价越高、数据资产价格越低、时效性越长,数据资产需求者效用越好。在同一组合中,如果市场评价越高,交易效用最终到达的高度就越高。反之,评价越低则越会削弱交易效用,并且随着数据资产数量的增加,数据估值所引起的交易效用差异越来越大。对比图3和图4可以看出,市场评价的高低取决于交易效用的大小。一方面,市场评价受到供求关系的影响,供过于求时市场评价低,供不应求时市场评价就高,可以促使数据资产价格结构的调整,以适应或者刺

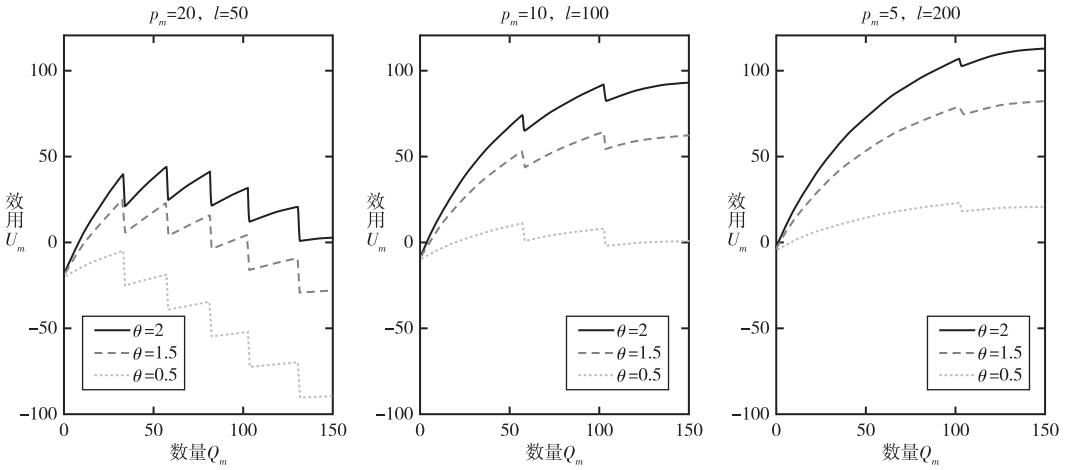


图4 数据资产智能合约会员定价第二阶段时不同评价的交易效用

激数据要素市场的需求平衡等。另一方面,市场评价是数据资产质量评估的关键办法,而且可以通过数据资产数量、交易价格、时效性、交易效用等组合,通过会员买卖双方合约协商议定,实行竞争价格制度。

(三)数据资产交易平台定价方式下交易效用

1. 第一阶段,数据资产估值。假定数据资产交易价格 p_i^1 分别为 $v_i/2$ 、 $v_i/4$ 、 $v_i/6$ 。在数据资产第一估值阶段,购买者评价的影响还没有显现,因此,假定数据资产需求者评价为 $\theta=1$ 。效用折扣系数为 $\alpha=0.5$ 。在对两阶段效用进行比较时,假定 $p_i^2 = v_i/4$ 。第一阶段交易效用曲线如图5所示。

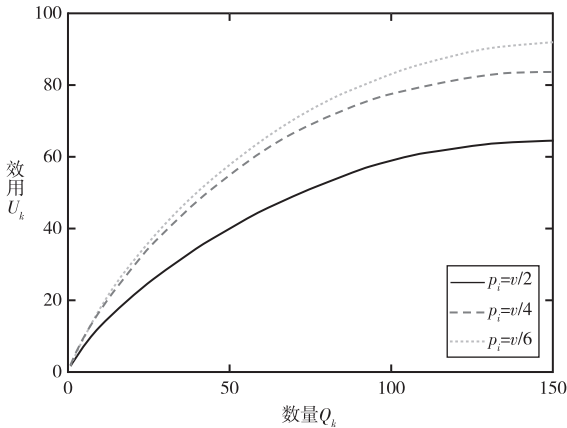


图5 数据资产交易平台定价第一阶段时不同数据价格的交易效用

从图5可以看出,随着数据资产数量的增加,需求者效用缓慢上升且边际效用递减。交易平台价格越高,需求者边际效用递减的速度越快,最终效用也越低。同理,交易平台价格越低,需求者效用边际增加越多,最终效用就越高。因此,第三方交易价格引起的数据资产需求者效用差异愈来愈明显。

2. 第二阶段,数据资产交易。假定数据资产价格 p_i^2 分别为 $v_i/2$ 、 $v_i/4$ 、 $v_i/6$ 。第三方交易处于第二阶段时,需求者的感知价值会受到第一阶段购买数据资产后所产生评价反馈的影响。因此,假定购买者评价分别为 $\theta=2$ 、 1.5 、 0.5 。数据资产需求者由等待而引起的效用折扣系数为 $\alpha=0.5$ 。效用曲线如图6示。

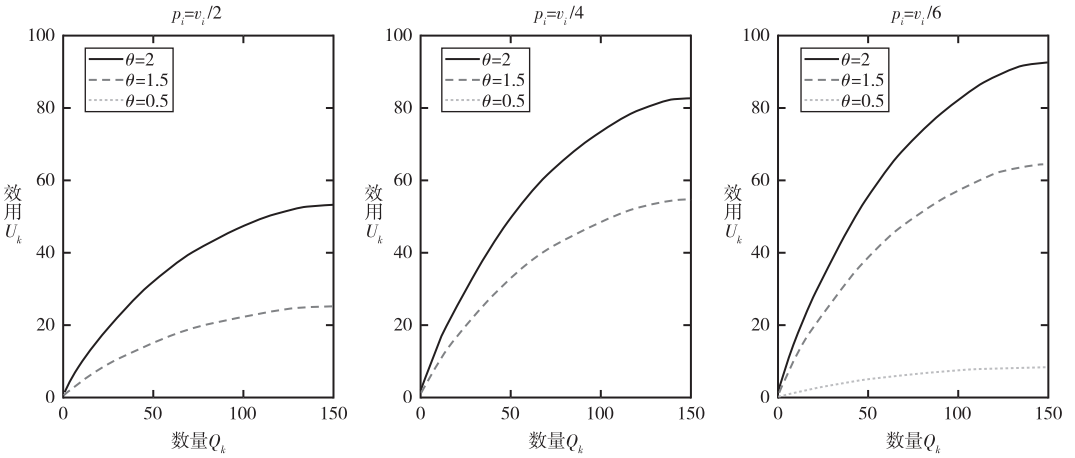


图6 数据资产交易平台定价第二阶段时不同评价的交易效用

从图6中可以看出,评价对数据资产需求者效用的影响。在同一数据资产价格下,评价越高数据资产需求者效用增速也越快,数据资产需求者的最终效用就越高。但评价中负面评价过多时会削弱这一影响,甚至会导致数据资产需求者因感知效用小于零而不购买产品。

(四)数据资产组合产品定价方式下交易效用

在数据要素市场的数据资产组合产品定价方式中,由于数据的可复制性、低边际成本、可整合性和价值不确定性等特点更为明显,数据交易模式和卖方策略受到应用场景、买方异质性和市场结构的影响更大,在此研究数据资产组合产品定价方式下交易效用。

1. 市场评价对交易效用的影响。根据效用理论对不同定价方式下交易效用进行比较,选择使自身收益最大的定价方式。数据资产组合产品定价方式中会员合约数据价格、数据生命周期、数据资产价格、数据资产需求者评价是影响交易效用的重要因素。本文运用因素控制法分别剖析以上因素对数据资产需求者定价方式所产生的影响,研究数据价值评价对交易效用的影响。假定会员合约价格为 $p_m=10$,数据资产的时效性为 $l=100$,数据资产价格为 $p_i=v_i/4$,其中, v_i 是数据需求者对数据资产 i 的感知价值,市场评价分别为 $\theta=2, 1.5, 0.5$,数据资产组合产品定价下交易效用如图7所示。

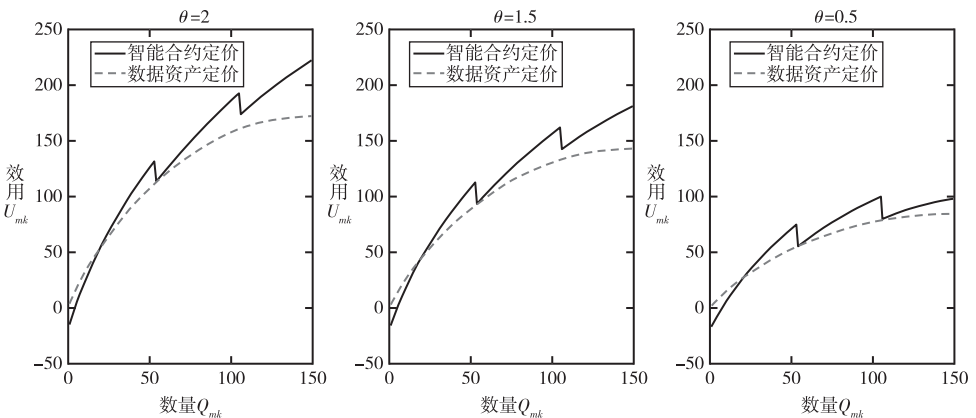


图7 数据资产组合产品定价下不同评价时交易效用影响

从图7可以看出,一是随着数据资产交易量的增加,交易感知效用越高,市场评价越高,不同定价方式下的最终交易效用差也越大。通过计算得知,当市场评价 $\theta=2$ 时,交易效用差为 $\Delta U_1(150)=49.3414$;当 $\theta=1.5$ 时, $\Delta U_2(150)=36.9986$;当 $\theta=0.5$ 时, $\Delta U_3(150)=12.3131$ 。显

然 $\Delta U_1 > \Delta U_2 > \Delta U_3$ 。二是不同定价下的数据资产需求效用的边际递减效应有所不同,当交易量较小时,数据资产需求效用差距并不大,但随着数据资产交易量的增加,两者的差距开始缩小并出现交叉,随后两种定价方式下效用差便逐渐增大,直到会员定价的数据资产时效性结束,下一个数据生命周期开始。

2. 数据时效性对交易效用的影响。数据资产的时效性很强,并非是时间越久对交易效用影响越显著,过了数据生命周期就没有价值了。假定数据资产智能合约会员价格为 $p_m = 10$, 数据时效性分别为 $l = 50, 100, 200$, 数据资产价格为 $p_i = v_i/4$, 其中, v_i 是数据需求者对数据资产 i 的感知价值, 市场评价分别为 $\theta = 2, 1.5$, 不同定价方式下交易效用如图 8 所示。

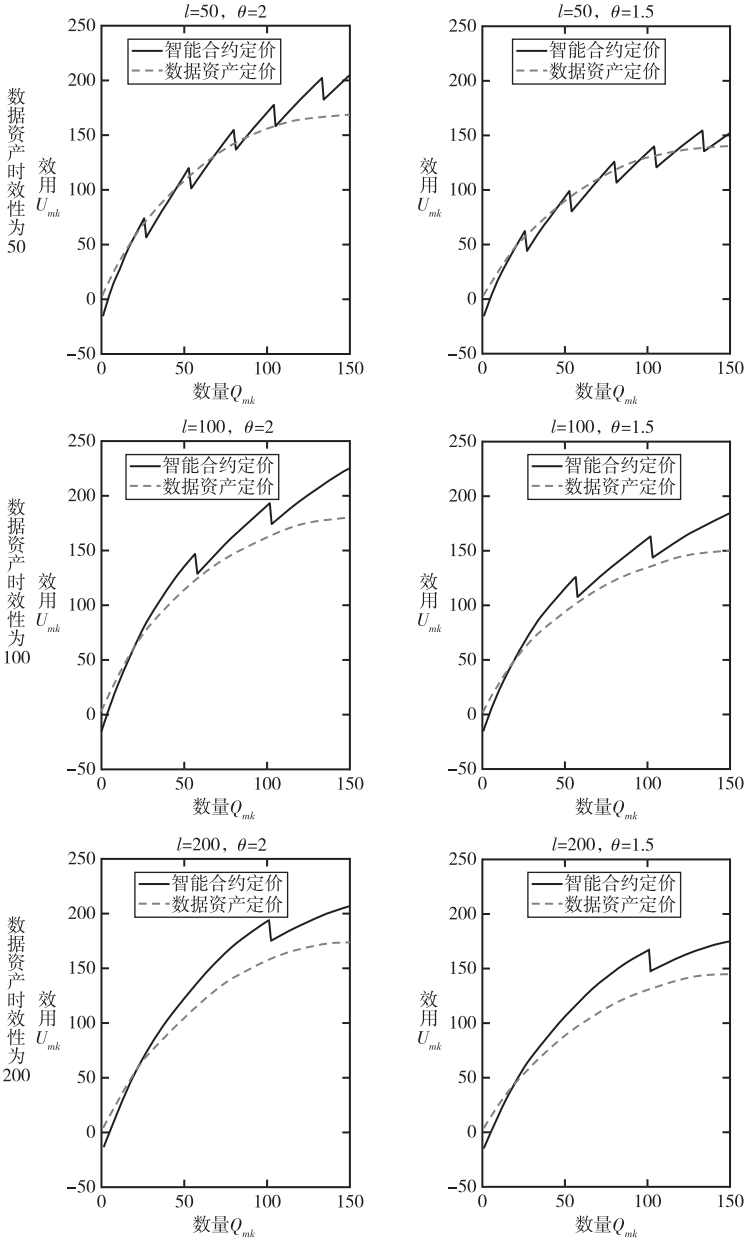


图 8 不同数据生命周期两种数据资产定价方式交易效用的影响

从图 8 可以更进一步看出,两种不同定价方式的最终效用差也不相同,这种差异程度受到数据时效性影响。数据时效性越短,评价不同所带来的两种定价方式的效用差的差异越大。一是当数据时效性为 50 时,市场评价 $\theta = 2$ 的效用差为 $\Delta U(150) = 34.8316$, $\theta = 1.5$ 的效用差为 $\Delta U(150) =$

11.1163,两个效用差的差异为 $\Delta U_1=23.7153$ 。二是当数据时效性为 100 时, $\theta=2$ 的效用差为 $\Delta U(150)=44.3030$, $\theta=1.5$ 的效用差为 $\Delta U(150)=34.3453$,两个效用差的差异为 $\Delta U_2=9.9577$ 。三是当数据时效性为 200 时, $\theta=2$ 的效用差为 $\Delta U(150)=33.0775$, $\theta=1.5$ 的效用差为 $\Delta U(150)=30.2705$,两个效用差的差异为 $\Delta U_3=2.807$ 。显然 $\Delta U_1>\Delta U_2>\Delta U_3$ 。

3. 数据资产价格变化对交易效用的影响。之前研究已经显示交易效用对数据资产价格有显著影响,反过来价格变化也影响着交易效用。假定智能合约会员定价分别为 $p_m=20、10、5$,数据时效性为 $l=100$,数据交易资产价格为 $p_i=v_i/4$,其中, v_i 是需求者对数据资产 i 的感知价值,需求者评价分别为 $\theta=2、1.5$ 。智能合约会员定价和数据资产交易平台上交易效用如图 9 所示。

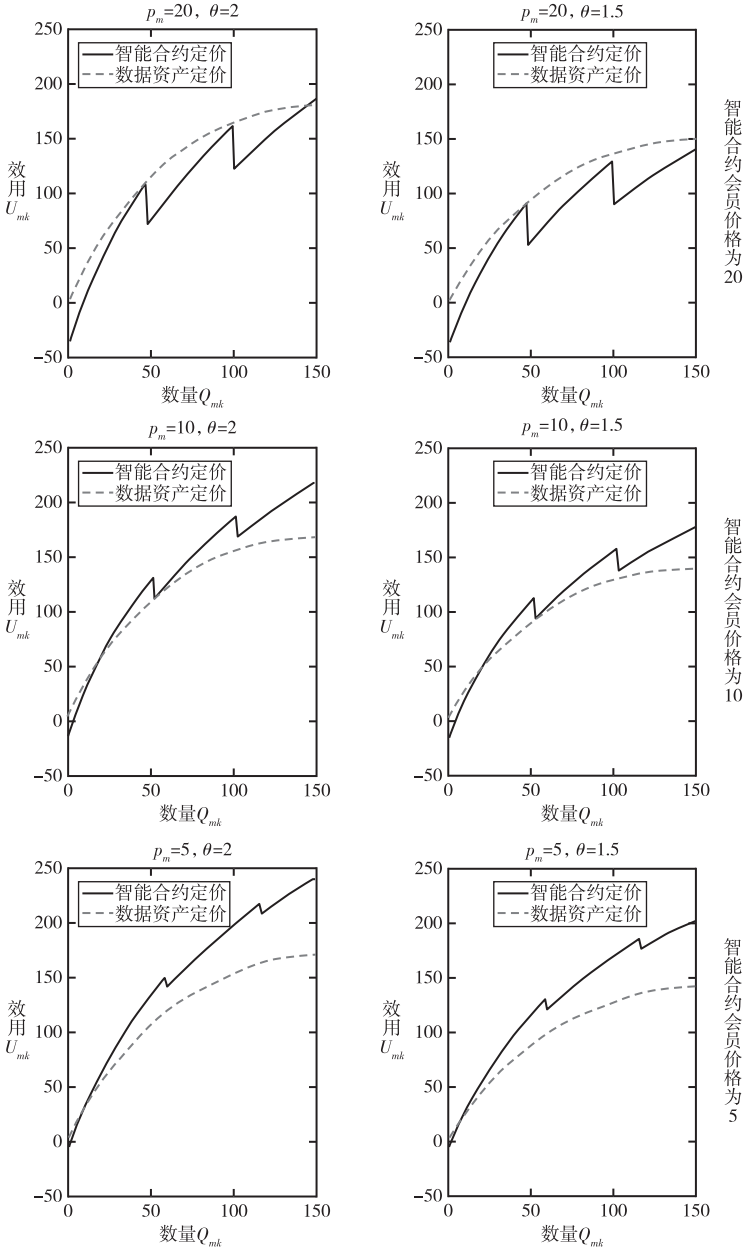


图 9 不同价格会员定价和数据产品定价交易效用的影响

从图 9 可以看出,数据资产智能合约会员价格越高,不同评价所带来的两种定价方式的效用差异越大。当智能合约会员价格为 20 时, $\theta=2$ 的效用差为 $\Delta U(150)=5.4008$, $\theta=1.5$ 的效用差为 $\Delta U(150)=-9.8604$,效用差为 $\Delta U_1=15.2612$ 。当智能合约会员价格为 10 时, $\theta=2$ 的效用差为 ΔU

(150)=49.3414, $\theta=1.5$ 时的最终效用差为 $\Delta U(150)=36.9986$, 效用差为 $\Delta U_2=12.3428$ 。当智能合约会员价格为 5 时, $\theta=2$ 的效用差为 $\Delta U(150)=69.1177$, $\theta=1.5$ 的效用差为 $\Delta U(150)=59.5643$, 效用差为 $\Delta U_3=9.5533$ 。显然 $\Delta U_1 > \Delta U_2 > \Delta U_3$ 。同理也可以推断出, 数据资产价格越高, 市场评价不同所带来的两种定价方式效用差的差异越大。

六、研究结论与启示

数据资产定价机制对构建数据基础制度、更好发挥数据要素作用至关重要。本文基于数据估值和数据资产定价两阶段模型, 构建数据资产智能合约会员定价、数据资产交易平台和数据资产组合产品定价机制, 以提升数据交易效益和效用为目标, 进行价格优化和收益分析, 对不同权属数据交易场景进行对比, 探讨数据交易最优价格和最大收益, 运用脱敏数据对不同定价方式下交易效用变化情况进行了数值实验, 得出如下结论与启示:

1. 构建数据估值与定价两阶段模型, 优化数据产品价格与交易主体收益。研究发现, 数据产品是数据要素市场的主要交易对象和标的, 通过第一阶段数据估值和第二阶段数据定价, 可以最大限度地获取数据资产购买方需求, 实现数据资产价格动态调整。同时基于买方感知价值等影响因素, 可以挖掘数据要素的资产价值, 探讨具有资产保值增值的数据交易产品, 形成数据产品加上资产属性的不同数据资产定价策略。

2. 建立数据资产智能合约会员定价模型, 探讨数据所有权和用益权交易价格。数据资产价格受会员购买者效用、数据市场评价、数据生命周期等影响, 数据价格越高, 数据时效性越短, 购买方效用越低, 客户越容易流失。利用区块链智能合约对数据交易进行跟踪与定价, 以实名制会员注册信息, 形成数据交易合同验证等智能化会员合约, 能在有效保障数据交易安全的前提下, 降低数据资产交易价格。

3. 基于效用价格理论和成本价格理论, 探究用户偏好数据要素市场中的调节作用, 对数据要素市场的价格理论模型进行了脱敏数据验证。数据资产交易价格主要取决于价格水平和价格结构等方面, 价格水平反映了数据交易主体采用定价策略所构成的价格组合, 包括数据估值对数据购买者的显著影响等。价格结构体现了具体数据要素资产结构, 包括数据资产类型、购买者类型以及网络外部性等因素。

4. 基于数据流通交易包括多个不同属性的数据资产, 本文提出了数据资产组合产品定价策略。结果显示, 数据集和数据库、数据算法工具包、数据算力资源包等多个数据资产组成的数据交易模式是未来数据要素市场方向之一, 数据资产组合产品定价策略既可以提供数据直接交易也可以支持数据间接交易, 符合数据供需双方利益需求, 可以建立多元化价格体系, 为数据资产需求者提供更多数据价格选择, 有助于激发数据要素市场活力。

基于以上结论, 本文得出以下启示:

第一, 为促进数据使用权交换和市场化流通, 数据资产定价既要考虑数据所有权转移, 还要考虑数据用益权场景。数据原发者拥有数据所有权, 第三方交易平台在获得授权的基础上享有数据用益权, 可以在保障其权利基础上将数据作为功能要素换取不同或更好的智能化服务。对于那些因多方参与以至于难以划分的数据, 能够通过智能合约按照合同约定来分配数据用益权, 实现数据要素权益分配并促进交易流通。

第二, 研究数据资产定价问题, 是数据要素流通交易中重要的课题。为了形成完善的数据资产价格体系, 既要探讨数据要素不同于传统生产要素的新特征, 并以数据的价值作为定价基础, 同时还要考虑数据价值受到数据需求方的影响, 进一步揭示数字经济新规律, 丰富数据交易流通市场, 研究多样化数据资产定价模式, 完善符合数据要素特性的价格形成机制。

第三, 数据资产定价机制、交易主体收益与效用等是影响数据要素市场化流通的主要因素, 数据作为新型生产要素, 是数字化、网络化、智能化的基础, 既要加强人工智能等智能合约定价模式在数

据资产价值评估和定价领域的应用研究,也要探索数据资产负债表和数据资产会计核算制度,分类研究公共数据、企业数据、个人数据的资产价格形成机制,建立数据资产价值评估与定价机制,为企业依据数据资产开展投融资提供依据。

第四,随着全国统一大市场建设逐步推进,在数据要素新兴市场的基础性制度培育中,必然面临着传统思维和传统制度的制约,也会存在不少技术性困难,需要探讨具有资产保质增值的数据交易产品,形成数据产品加上资产属性的不同数据资产定价策略,深入研究全国统一的数据交易标准体系和数据要素流通规则,降低交易成本,激活数据要素市场内生动力。

参考文献:

- 蔡跃洲 马文君,2021:《数据要素对高质量发展影响与数据流动制约》,《数量经济技术经济研究》第3期。
- 戴昕,2021:《数据界权的关系进路》,《中外法学》第6期。
- 高富平,2019:《数据流通理论:数据资源权利配置的基础》,《中外法学》第6期。
- 龚强 班铭媛 刘冲,2022:《数据交易之悖论与突破:不完全契约视角》,《经济研究》第7期。
- 黄丽华 窦一凡 郭梦珂 汤奇峰 李根,2022a:《数据流通市场中数据产品的特性及其交易模式》,《大数据》第3期。
- 黄丽华 郭梦珂 邵志清 秦璇 汤奇峰,2022b:《关于构建全国统一的数据资产登记体系的思考》,《中国科学院院刊》第10期。
- 刘洋 廖貅武,2013:《基于在线评分和网络效应的应用软件定价策略》,《管理科学》第4期。
- 刘悦欣 夏杰长,2022:《数据资产价值创造、估值挑战与应对策略》,《江西社会科学》第3期。
- 陆岷峰 欧阳文杰,2021:《数据要素市场化与数据资产估值与定价的体制机制研究》,《新疆社会科学》第1期。
- 欧阳日辉 杜青青,2022:《数据要素定价机制研究进展》,《经济学动态》第2期。
- 彭刚 李杰 朱莉,2022:《SNA 视角下数据资产及其核算问题研究》,《财贸经济》第5期。
- 上海数据交易所研究院,2022:《金融业数据流通交易市场研究报告》,上海数据交易所研究院研究报告。
- 申卫星,2020:《论数据用益权》,《中国社会科学》第11期。
- 夏义堃 管茜,2022:《政府数据资产管理的内涵、要素框架与运行模式》,《电子政务》第1期。
- 熊巧琴 汤珂,2021:《数据要素的界权、交易和定价研究进展》,《经济学动态》第2期。
- 熊伟,2021:《基于区块链的大数据交易智能合约建模及其应用研究》,上海大学博士学位论文。
- 徐兵 张阳,2020:《基于好评返现和差评偏好的体验型产品两阶段定价决策研究》,《管理工程学报》第2期。
- 徐涛 尤建新 曾彩霞 石涌江,2022:《企业数据资产化实践探索与理论模型构建》,《外国经济与管理》第6期。
- 许宪春 张钟文 胡亚茹,2022:《数据资产统计与核算问题研究》,《管理世界》第2期。
- 尹传儒 金涛 张鹏 王建民 陈嘉一,2021:《数据资产价值评估与定价:研究综述和展望》,《大数据》第4期。
- 赵丽 李杰,2020:《大数据资产定价研究——基于讨价还价模型的分析》,《价格理论与实践》第8期。
- Balasubramanian, S. et al(2015), "Pricing information goods: A strategic analysis of the selling and pay-per-use mechanisms", *Marketing Science* 34(2):218-234.
- Bergemann, D. & A. Bonatti(2015), "Selling cookies", *American Economic Journal: Microeconomics* 7(3):259-294.
- Cheng, H. K. et al(2003), "Price and capacity competition of application services duopoly", *Information Systems and E-Business Management* 1(3):305-329.
- Dwivedi, Y. K. et al(2017), "Driving innovation through big open linked data (BOLD): Exploring antecedents using interpretive structural modelling", *Information Systems Frontiers* 19:197-212.
- Giancaspro, M. (2017), "Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective", *Computer Law & Security Review* 33(6):825-835.
- Jiang, Y. & H. Guo(2015), "Design of consumer review systems and product pricing", *Information Systems Research* 26(4):714-730.
- Kim, D. Y. et al(2012), "Relationship between quality management practices and innovation", *Journal of Operations Management* 30(4):295-315.
- Niyato, D. et al(2016), "Market model and optimal pricing scheme of big data and Internet of Things (IoT)", IEEE International Conference on Communications(ICC).
- Peterson, R. E. (1974), "A cross section study of the demand for money: The United States", *Journal of Finance* 29(1):73-88.

- Raguseo, E. (2018), "Big data technologies: An empirical investigation on their adoption, benefits and risks for companies", *International Journal of Information Management* 38(1):187—195.
- Rochet, J. C. & J. Tirole(2003). "Platform competition in two-sided markets", *Journal of the European Economic Association* 1(4):990—1029.
- Tian, L. et al(2019), "Optimal contract-based mechanisms for online data trading markets", *IEEE Internet of Things Journal* 6(5):7800—7810.
- Villas-Boas, J. M. (2004), "Consumer learning, brand loyalty, and competition", *Marketing Science* 23(1):134—145.
- Weyl, E. G. (2019), "Price theory", *Journal of Economic Literature* 57(2):329—384.
- Wu, S. et al(2018), "CREam: A smart contract enabled collusion-resistant e-auction", *IEEE Transactions on Information Forensics and Security* 14(7):1687—1701.
- Xiong, W. & L. Xiong(2021), "Anti-collusion data auction mechanism based on smart contract", *Information Sciences* 555:386—409.
- Yu, H. & M. Zhang(2017), "Data pricing strategy based on data quality", *Computers & Industrial Engineering* 112:1—10.

Research on Asset Prices, Transaction Returns, and Utility of Data Elements

ZHU Xiaoneng^{1,2} LI Xiongyi¹

(1. Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai, China;

2. Shanghai Institute of International Finance and Economics, Shanghai, China)

Abstract: Data capitalization is key to promoting the marketized circulation of data element. This paper establishes models for pricing data asset by smart contract members, pricing via data asset trading platform and data asset portfolio pricing models, and studies the relationship between data asset price, transaction benefit and utility in view of data ownership and usufruct. The results indicate that the pricing mechanism of data assets, benefit and utility of transaction entities are the main factors affecting the marketized circulation of data elements. The mechanism analysis shows that, on the one hand, using blockchain smart contracts to track and price data transactions, and using real-name member registration information to form smart member contracts such as data asset transaction contract verification can reduce the transaction price of data assets under the premise of effectively guaranteeing the security of data transactions. On the other hand, through the two-stage pricing model of data valuation and asset pricing, both the supply and demand sides can effectively recognize the value of data and optimize the asset price, form dynamic pricing strategies for data assets with different ownership rights and maximize the utility. Moreover, the higher the data transaction cost, the shorter the life cycle, the lower the buyer's utility, the worse the market evaluation, and the easier the customer loss. Therefore, it is necessary to strengthen the deep integration of data trading market and capital market, establish a standardized, efficient, safe and convenient data capitalization service system, and promote the marketization circulation of data elements.

Keywords: Data Element Market; Data Asset Pricing; Data Transaction Benefit; Utility Theory; Smart Contracts

(责任编辑:何伟)

(校对:孙志超)