

数据流通中基于数据信托模式的合作博弈模型研究

邓 可

(上海政法学院 经济管理学院, 上海 201701)

摘要:数据信托作为信任机制和数据治理高度融合的产物,具有保护数据安全和促进数据价值发现的双重功能。针对市场流通中的数据产权和数据产品定价问题,构建基于数据信托模式的合作博弈模型,讨论各博弈参与者的合作条件和利益分配。利用两个子博弈进一步分析数据确权和数据产品的定价机制。最后,采用 Shapley 值法求解各方的收益分配值。

关键词:数据信托;数据产权;合作博弈模型;Shapley 值

中图分类号:F293.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)12-0223-05

2022 年 1 月,国务院发布《“十四五”数字经济发展规划》,明确中国数字经济迈向全面扩展期。预计到 2025 年,数字经济占 GDP 比重将超过 50%,数据成为经济增长的第一要素。随着数据要素的价值被公众和市场广泛认知,数据安全问题也日益突出,隐私侵权、数据泄露、平台垄断、虚假信息等层出不穷^[1]。因此,大力促进数据流通应用,同时兼顾数据安全保护,成为探索数字经济健康发展的重大问题。杜庆昊^[2]提出加快推动数据要素资本化,完善数据产权的确权保护。曹硕等^[3]讨论了数据要素的证券属性,提出数据要素证券化的“类知识产权”方法。文献^[4]指出现有数据交易所的挂牌产品存在标的质量不高、数据交易定价功能弱的特点。黄丽华等^[5]认为国内数据要素市场前期探索遇到的困难,很大程度是因为对于可供交易的数据产品及其交易模式的认识和界定不清楚。因此,合理设计一种适应数据产权特点的交易模式成为当前亟待解决的问题。

数据信托基于所有权和控制权分离的设计,被认为在实现数据安全、有效保护隐私和个人信息方面提供了一种多元治理的新路径^[6]。同时,数据信托的信托机制能够促进数据资产作为经济要素进入市场交易和流通。Balkin 最早提出采用信托工具来解释数据主体和数据控制人之间的关系^[7]。目前,对于数据信托的研究国际上形成了美国的“信息受托人”理论和英国的“数据信托”理论。两者的主要分歧在于是否引入独立的第三方来构建

“信任”。实践上,普遍认为英国的数据信托理论应用性更强^[8]。当前,国内对于数据信托的研究重点探讨了基于信托机制的数据治理模式^[6,8-9]、数据安全保护等问题^[10-11],针对数据信托商业模式的研究还比较少。文献^[12]分析了中航第一单信托产品的商业模式,并且指出利用信托优势更容易发现和实现数据价值。冉从敬等^[13]讨论了数据信托进行个人数据交易的管理机制。上述研究对信托收益分配等问题缺乏深入的分析。鉴于此,基于数据信托构建多方参与的合作博弈模型,并利用 Shapley 值法求解数据信托投资计划的收益分配方案,对数据要素流通中的数据产权确权和数据产品定价问题进行深入探讨,具有一定的理论和应用价值。

1 数据信托的运行机制

1.1 信托设计的目的

信托机制是委托人将财产委托给受托人,由受托人以自己名义为委托人指定的受益人利益而加以管理的一种财产安排^[8]。就数据资产而言,虽然用户作为数据主体享有个人数据的名义所有权,但其对于向平台提供或被搜集产生的个人数据并无干涉权限,平台对个人数据的集合、处理、分析乃至销售的实际情况均不会告知数据主体,数据服务商拥有着个人数据的实质所有权。因此,个人数据作为资产的复合权利情形与信托制度的双重所有权结构具有高度的契合性。一方面,引入信托模式建立了一种数据管理的多元治理结构,解决了数据资产的授权使用问题;另一方面,在信托目标规制下,

收稿日期:2022-07-20

作者简介:邓可(1975—),男,重庆人,上海政法学院经济管理学院,讲师,博士,研究方向为数字经济、电子商务。

明确了数据资产的收益安排,可以改变目前数据交易的定价模式,提高交易市场的参与度水平,促进更多的优质数据产品进入市场流通。

1.2 参与角色与运行机制

在数据信托场景下,所涉及的参与方包括用户、数据服务商、信托公司、投资人和监管机构。其运行机制可以表述如下:①由于单个或过少的个人数据不能应用于规模化分析,几乎不能创造商业价值,所以数据资源必然来源于数据服务商。数据服务商通过其提供的软件服务获得用户数据,并依据相关法规^①对数据进行脱敏和不可逆处理形成匿名数据,数据服务商则作为实际上的委托人。②数据投资信托计划作为一种专门投资于数据资产的信托产品由信托公司设计并发行,信托公司作为数据信托产品的受托人,代表用户对个人数据的使用进行监督。③数据信托的委托人同时也是受益人。数据信托的收益主要来源于数据服务商的运营或数据交易,参照公募基金的管理办法^[14],收益的大部分将用于分红。④投资人将资金投资于数据信托产品,并根据其投资额参与信托产品的收益分配。⑤政府监管机构负责对数据交易市场进行监管,建立数据信托产品相关的准入、交易以及跟踪追溯等制度。由此,形成信托产品对个人数据的安全保护与商业化利用的闭环(图 1)。

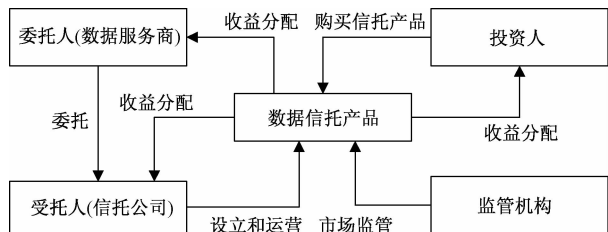


图 1 数据信托的运行机制

2 合作博弈模型分析

根据博弈局中人之间是否具备有约束力的协议,可以将一个博弈过程分为合作博弈和非合作博弈。合作博弈主要研究在博弈局中人之间具有约束力的协议并使得整体利益最大时,各局中人如何分配收益的问题^[15]。在数据信托场景下,5 个参与方形成合作博弈联盟,假设如下:用户(P)、数据服务商(E)、信托公司(U)、投资人(F)和监管机构(G)形成一个集合 $N = \{p, e, u, f, g\}$; N 的非空子集 $S (S \in N)$ 为联盟, N 为总体联盟(五方同时参与),

空集记作 φ 。按照合作博弈的基本要求,有如下关系:① $v(\varphi) = 0$, 即没有任何局中人的联盟收益为 0;② $\sum_{i \in N} v_i \leqslant v(N)$, $v(S)$ 为收益的特征函数;③博弈记为 $G = [N, v]$ 。

在博弈各方完全不参与合作的情况下,各自的初始特征函数见表 1。

表 1 初始特征函数

参与方	特征函数	符号说明
P	$v(p) = R_p - C_p$	完全不参与合作的情况下, R_p 为用户使用软件服务的收益, C_p 为用户隐私数据泄露的风险成本
E	$v(e) = R_e - C_e$	完全不参与合作的情况下, R_e 为服务商利用用户数据进行分析产生的收益, C_e 为服务商利用用户数据进行分析产生的成本
U	$v(u) = R_u$	R_u 为信托公司完全不参与合作,此时的期望收益代表信托公司依靠自身的投资组合管理能力开展业务,获得信托行业的平均回报
F	$v(f) = R_f$	R_f 为投资人完全不参与合作,将闲置资金投资于国债或存入银行,获得资金的利息
G	$v(g) = C_g$	C_g 为政府完全不参与合作,采用传统的行政监管方式付出的监管成本

进入联盟状态后,随机组合共产生 32 种联盟。根据实际情况,针对有现实意义的 5 种联盟设计各联盟的特征函数,见表 2。对于无效的“伪联盟”,根据合作博弈计算的可加性公理^[15],其特征函数值均为相应参与方的特征函数之和,即“伪联盟”不带来任何成本节约和收益增加。

表 2 联盟子集的特征函数

联盟	特征函数	符号说明
P, E	$v(p, e) = R_p + R_e - C_p - C_e - C_w$	C_w 为服务商的违规惩罚成本
P, E, G	$v(p, e, g) = R_p + R_e - C_p - C_e - C'_w - C_g$	C'_w 为服务商付出的合规成本
P, E, U	$v(p, e, u) = R_p + R_e - C_p - C_e - C_u$	C_u 为信托管理成本
E, U, F	$v(e, u, f) = R_e - C_e - C_u - R_u - R_f$	R_u, R_f 均为机会成本
$S(N)$	$v(N) = R_p + R_e - C_p - C_e - C_u - R_u - R_f - C_g$	R_u, R_f 均为机会成本

对于 5 种联盟的分析如下:

1)联盟(P,E)代表用户与数据服务商组成的联盟,由于在联盟中用户处于相对弱势的地位,服务

注:①相关法规有《网络安全法》(2017 年 6 月)、《数据安全法》(2021 年 6 月)、《个人信息保护法》(2021 年 8 月)。

商基于自身利益的数据滥用和卸责行为难以避免。虽然,如果发生重大个人隐私泄露事件,服务商需要承担惩罚成本 C_w ,但这种事后控制手段已经造成了用户和公司的损失,社会负面影响往往巨大,并且巨额罚款也不能避免类似事件的再次发生。

2)联盟(P,E,G)在用户与数据服务商的基础上加入政府监管机构形成三方联盟,政府可以利用法律和税收等手段对服务商进行监管,促使服务商做出合规的行为调整,设置合规成本 C'_w 。但在实践中也会导致政府管理成本 C_g 过高,产生政府监管不到位和服务商转嫁成本给用户等问题。

3)联盟(P,E,U)在用户与数据服务商的基础上加入信托公司形成三方联盟,引入第三方信托公司对抗数据服务商,建立数据的多元治理结构。在联盟中,用户的隐私和数据安全会得到更好地保护,隐私数据泄露的风险成本 C_p 降低;对于服务商,提升了用户信任和持续获得用户数据,长期而言可以增加服务商收益 R_e ;增加的信托管理成本 C_u 由用户和服务商共同负担。

4)联盟(E,U,F)由数据服务商、信托公司和投资人组成的联盟,是数据信托产品得以市场流通的3个主要参与方。由数据服务商提供数据资产,信托公司设计并发行数据投资信托产品,投资人购买信托产品并获得投资收益回报。 R_u 是信托公司资金使用的机会成本, R_f 是投资人资金使用的机会成本。信托收益在三方进行分配。

5) $S(N)$ 是所有各方参与的大联盟,逻辑上包含两个部分:子联盟(P,E,U)体现了数据信托在数据确权上的制度设计,其目的是保证数据的安全使用;子联盟(E,U,F)则代表了数据信托产品在市场流通中的收益安排,促进了数据资产的合理定价。两者互为补充,充分体现了信托机制与数据资产的高度契合。同时,数据的隐私保护和有效利用能够提升政府的公信力和美誉度,多元治理结构降低了政府的监管成本 C_g ,能够大大提升监管效率。

3 数据投资信托产品定价

由于用户和政府监管机构理论上不参与数据投资信托产品的收益分配。因此,定价问题主要在子联盟(E,U,F)中进行。参考文献[16],定价问题可以转换为得到一种联盟的收益分配方案。考虑到合作博弈解的可计算性,以及 Shapley 值体现的公平性和合理性,选取 Shapley 值法求解数据投资信托的合作博弈解。

3.1 基本假设

根据联盟(E,U,F)的特征函数: $v(e,u,f) = R_e - C_e - C_u - R_u - R_f$ 。对特征函数中相关参数进行计算的假设如下:

1)数字经济不同于传统的生产模式,因此选用知识生产函数^[17]来计算数据信托项目产生的收益, $R_e = AK_i^\alpha L_i^\beta \epsilon$, 其中, A 表示存量知识以及技术水平对数据生产的影响, K 和 L 分别表示研发经费和科技人力资源的投入, α 表示研发资本产出的弹性系数, β 表示科技人力资源产出的弹性系数, ϵ 表示随机影响。考虑不变报酬模型,即随机干扰项不对最终产出造成影响,两个弹性系数的和为1。

2)为提高数据信托产品的质量,数据服务商已经在数据的采集、清洗和加工中投入自有资金进行先期建设,否则信托公司考虑到该项目的风险性,不会与服务商进行合作。数据服务商为数据信托运行,需要投入资金和人力资源,记服务商投入到数据信托项目建设的资金为 K_3 , 总人数为 L_3 , 人均工资为 W_3 , 则数据服务商的管理成本 $C_e = L_3W_3 + K_3r_0$, 其中, r_0 为无风险资产的利率。

3)设投资者购买信托公司发行的数据投资信托产品的总资金为 K_1 , 根据中国银监会《信托公司净资本管理办法》的要求,信托公司为保证标的项目的正常运转需准备标的项目资金的0.3%作为信托准备金,记信托公司留取的项目准备金为 K_2 。此外,为保障用户方的利益,信托公司会采取必要的监管措施,比如向数据服务商公司派出董事或法人代表、财务人员,统称信托管理人员,记信托公司投入的管理人员总人数为 L_2 , 人均工资为 W_2 , 则信托公司的管理成本 $C_u = L_2W_2$ 。

4)对于信托公司,其信托准备金的机会成本 $R_u = K_2r_1$, 即将这部分资金投入其他信托计划的收益,其中, K_2 为信托准备金, r_1 为信托行业的平均回报水平。

5)投资人的资金机会成本 $R_f = K_1r_0$, 即投资于国债或存入银行获得的资金利息,其中, K_1 为投资人的资金, r_0 为无风险资产的利率。

6)假设信托公司根据当前数据交易市场估计该数据信托投资计划的利润率为 p , 则该标的项目的总利润为 $(K_1 + K_2 + K_3)p$ 。

根据上面的假设,计算各联盟的收益情况,见表3。

表 3 联盟收益

S=1		S=2		S=3
$v(f)$	K_1r_0	$v(u,f)$	$(K_1+K_2)r_1$	$v(e,u,f)$
$v(u)$	K_2r_1	$v(e,u)$	$AK_3^aL_3^\beta-L_3W_3-K_3r_0+K_2r_1$	$A(K_1+K_2+K_3)^aL_3^\beta-L_2W_2-L_3W_3-K_1r_0-K_2r_1-K_3r_0$
$v(e)$	$AK_3^aL_3^\beta-L_3W_3-K_3r_0$	$v(e,f)$	$A(K_1+K_3)^aL_3^\beta-L_3W_3-K_3r_0-K_1r_0$	
求解说明		1. 联盟 $v(u,f)$ ，相当于投资人将自己的资金投入信托公司 2. 联盟 $v(e,u)$ ，二者不能形成有效的联盟,按直接相加计算 3. 联盟 $v(e,f)$ ，相当于投资人将自己的资金投入服务商 4. 联盟 $v(e,u,f)$ ，3 个局中人共同合作的收益		

3.2 模型求解

根据 Shapley 值的计算公式

$$\varphi_i(v)=\sum_{s\subseteq N\backslash i}\frac{s!(n-s-1)!}{n!}[v(s\cup\{i\})-v(s)],$$

以及各联盟的收益情况,可以计算大联盟中各局中人的边际贡献。因为该合作博弈中共有 3 个局中人,所以 $n=3$,联盟 s 中的人数依次取为 0、1、2,分别对应着各局中人相互独立、两两合作以及形成统一大联盟时的收益情况。下面求解各局中人的边际贡献。

$$\begin{aligned}\varphi_f(v)&= \frac{1}{3}v(f)+\frac{1}{6}[v(u,f)-v(u)]+\\& \frac{1}{6}[v(e,f)-v(e)]+\frac{1}{3}[v(e,u,f)-v(e,u)]=\\& \frac{1}{3}A(K_1+K_2+K_3)^aL_3^\beta+\frac{1}{6}A(K_1+K_3)^aL_3^\beta-\\& \frac{1}{2}AK_3^aL_3^\beta+\frac{1}{6}K_1r_1-\frac{1}{6}K_1r_0-\frac{2}{3}K_2r_1-\frac{1}{3}L_2W_2;\\ \varphi_u(v)&= \frac{1}{3}v(u)+\frac{1}{6}[v(u,f)-v(f)]+\\& \frac{1}{6}[v(e,u)-v(e)]+\frac{1}{3}[v(e,u,f)-v(e,f)]=\\& \frac{1}{3}A(K_1+K_2+K_3)^aL_3^\beta-\frac{1}{3}A(K_1+K_3)^aL_3^\beta+\\& \frac{1}{6}K_1r_1-\frac{1}{6}K_1r_0+\frac{1}{3}K_2r_1-\frac{1}{3}L_2W_2;\\ \varphi_e(v)&= \frac{1}{3}v(e)+\frac{1}{6}[v(e,f)-v(f)]+\\& \frac{1}{6}[v(e,u)-v(u)]+\frac{1}{3}[v(e,u,f)-v(u,f)]=\\& \frac{1}{3}A(K_1+K_2+K_3)^aL_3^\beta+\frac{1}{6}A(K_1+K_3)^aL_3^\beta+\\& \frac{1}{2}AK_3^aL_3^\beta-\frac{1}{3}K_1r_1-\frac{2}{3}K_1r_0-K_3r_0-\frac{2}{3}K_2r_1-\\& \frac{1}{3}L_2W_2-L_3W_3.\end{aligned}$$

得到 3 个局中人的边际贡献之后,将其单位化即可得到每个局中人在大联盟中的收益分配比例。令 $\varphi_N(v)=\varphi_f(v)+\varphi_u(v)+\varphi_e(v)$,则投资人应得的收益为该信托项目总收益的 $\varphi_f(v)/\varphi_N(v)$ 。信托

公司应得的利益为该信托项目总收益的 $\varphi_u(v)/\varphi_N(v)$ 。数据服务商应得的利益为该信托项目总收益的 $\varphi_e(v)/\varphi_N(v)$ 。

因为信托项目的总利润为 $(K_1+K_2+K_3)p$,以及各局中人的 Shapley 值,可以得到各局中人的利润如下。

- 1)投资人的利润：
 $(K_1+K_2+K_3)p\varphi_f(v)/\varphi_N(v)$ 。
- 2)信托公司的利润：
 $(K_1+K_2+K_3)p\varphi_u(v)/\varphi_N(v)$ 。
- 3)数据服务商的利润：
 $(K_1+K_2+K_3)p\varphi_e(v)/\varphi_N(v)$ 。

因此,该数据信托投资计划的预期投资收益率为

$$E_f=\frac{(K_1+K_2+K_3)p\varphi_f(v)}{K_1\varphi_N(v)}。$$

根据数据投资计划的预期收益率,能够得到数据信托产品的一种定价方案。该方案具备市场各参与方激励相容的特点,对厘清市场关系、提升交易活跃度和促进交易市场长期健康发展具有显著的应用价值。

4 结论

通过建立合作博弈模型,分析在数据信托模式下如何实现数据产权的确权保护和数据要素的资本化流通问题。主要结论如下：

- 1)根据数据信托的运行机制,设置合作博弈参与方为用户、数据服务商、信托公司、投资人和政府监管机构,多方引入使博弈求解空间增大。
- 2)依据实际情况,适当引入参数,对各种子博弈给出特征函数。在此基础上,对子博弈展开分析。其中,子博弈(P,E,U)体现了数据信托在数据确权上的制度设计,子博弈(E,U,F)体现了数据信托产品在市场流通中的收益安排。
- 3)通过 Shapley 值对委托人、受托人和投资人三者组成的小联盟进行收益分配,结论是当三者按照特定金额分配收益时,可以达到帕累托最优。并

且,信托计划的预期投资收益率可以作为数据信托产品定价的依据。

4)数字经济的健康发展离不开数据要素的充分合理流通。目前国内数据交易市场已经建立起来,但是符合数据产品特征的交易模式仍然需要政策和实践的大胆创新,不断向前推进。基于数据信托模式的合作博弈研究正是针对上述问题的一点理论探索。

参考文献

[1] 金元浦. 大数据时代个人隐私数据泄露的调研与分析报告[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版), 2021, 36(1): 191-201, 206.

[2] 杜庆昊. 数据要素资本化的实现路径[J]. 中国金融, 2020(22): 34-36.

[3] 曹硕, 廖倡, 朱扬勇. 数据要素证券化的“类知识产权”方法[J]. 清华金融评论, 2021(5): 42-45.

[4] 熊巧琴, 汤珂. 数据要素的界权、交易和定价研究进展[J]. 经济学动态, 2021(2): 143-158.

[5] 黄丽华, 窦一凡, 郭梦珂, 等. 数据流通市场中数据产品的特性及其交易模式[J/OL]. 大数据: 1-14. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1321.G2.20220324.1400.002.html>, 2022-05-07.

[6] 张梦霞. 数据信托的渊源、价值与适用[J]. 当代金融研究,

2021(Z5): 40-48.

[7] BALKIN J M. Information fiduciaries and the first amendment[J]. Social Science Electronic Publishing, 2016, 49(4): 1183-1234.

[8] 冯果, 薛亦飒. 从“权利规范模式”走向“行为控制模式”的数据信托: 数据主体权利保护机制构建的另一种思路[J]. 法学评论, 2020, 38(3): 70-82.

[9] 丁凤玲. 个人数据治理模式的选择: 个人、国家还是集体[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2021, 35(1): 64-76.

[10] 翟志勇. 论数据信托: 一种数据治理的新方案[J]. 东方方法学, 2021(4): 61-76.

[11] 席月民. 数据安全: 数据信托目的及其实现机制[J]. 法学杂志, 2021, 42(9): 29-41, 52.

[12] 姚江涛, 袁田. 大数据时代, “数据资产”与金融应用前景[J]. 当代金融家, 2017(9): 20-23.

[13] 冉从敬, 唐心宇, 何梦婷. 数据信托: 个人数据交易与管理新机制[J]. 图书馆论坛, 2022, 42(3): 56-68.

[14] 曹硕, 廖倡, 朱扬勇. 数据要素证券化路径研究: 基于DAITs模式的探讨[J]. 证券市场导报, 2021(10): 44-51.

[15] 董保民, 王运通, 郭桂霞. 合作博弈论[M]. 北京: 中国市场出版社, 2008.

[16] 林德琼, 刘善存. 基于合作博弈理论的房地产信托产品定价模型[J]. 财经问题研究, 2015(4): 54-60.

[17] 李强, 韩伯棠, 李晓轩. 知识生产函数研究与实践述评[J]. 经济问题探索, 2006(1): 24-27.

Study on Cooperative Game Model Based on Data Trust Mode in Data Circulation

DENG Ke

(School of Economics and Management, Shanghai University of Science and Law, Shanghai 201701, China)

Abstract: Data trust, as a highly integrated product of trust mechanism and data governance, is considered to have the dual functions of protecting data security and promoting the discovery of data value. To resolve the problems of data property right and data product pricing in market circulation, a cooperative game model based on data trust mode is constructed, and the cooperative conditions and benefits of each game participant are discussed. Two subgames are used to further analyze the system design of data trust in data right confirmation and the data product pricing. Finally, the Shapley method is used to solve the income distribution value.

Keywords: data trust; data property right; cooperative game model; Shapley value