

基于演化博弈的数据收益权分配机制设计



商希雪¹ 韩海庭² 朱郑州³

1 中国政法大学刑事司法学院 北京 100088

2 哥本哈根大学食品与资源经济学院 哥本哈根 1958

3 北京大学软件与微电子学院 北京 100871

(shangxixue@126.com)

摘要 针对数据要素市场化过程中面临的数据难以完全交割、数据产权公平划分困难、个人与企业博弈中企业占优等问题,文中首先提出了数据收益权概念,以摆脱传统产权概念的束缚,进而使数据交易制度更好地适应数据市场的一般特点;然后引用经济学的演化博弈分析,将数据收益的直接分配问题转化为理性的个人和企业相互试错,发掘不同条件下的趋近于收敛的群体优势策略,实现了分配的公平性和“卡尔多-希克斯效率”;最后引入法学中权利权衡的比例原则,使司法审判可计算、可编程、可调控。算法分析和仿真实验证明,在现实条件下,该博弈框架能良好地实现市场均衡,并发现不同 W_{ij} 条件下均衡的收敛特征和收敛速度,为司法实践提供了重要的量化分析工具,是计算法学的重要实践。

关键词: 数据收益权;比例原则;阿列克西;机制设计;演化博弈;计算法学

中图法分类号 TP301.6;F062.5

Mechanism Design of Right to Earnings of Data Utilization Based on Evolutionary Game Model

SHANG Xi-xue¹, HAN Hai-ting² and ZHU Zheng-zhou³

1 School of Criminal Justice, China University of Political Science and Law, Beijing 100088, China

2 Department of Food and Resource Economics, University of Copenhagen, Copenhagen 1958, Denmark

3 School of Software and Microelectronic, Peking University, Beijing 100871, China

Abstract In order to solve the problems in the process of marketization of data elements, such as the difficulty of complete delivery of data, the difficulty of fair division of data property rights, and the superiority of enterprises in the game between individuals and enterprises, this paper proposes the concept of data utilization to get rid of the restriction of traditional property rights concept, and makes the trading system better adapt to the general characteristics of the data market. At the same time, the evolutionary game analysis of economics is used to transform the direct distribution of data revenue into rational individual and enterprise mutual trial and error, and to explore the group advantage strategies that tend to converge under different conditions, so as to realize the fairness of distribution and the “Kaldor-Hicks efficiency”. Finally, the weight formula of the proportionality principle injustice is introduced to make the judicial trial computable, programmable and controllable. Algorithm analysis and simulation experiments prove that the game framework can well realize market equilibrium under realistic conditions, and find the convergence characteristics and convergence speeds under different W_{ij} conditions, providing an important quantitative analysis tool for judicial practice.

Keywords Usufruct of data exploitation, Proportionality principle, Robert alexy, Mechanism design, Evolution game, Computational law

1 引言

1.1 计算革命中的法学分析新范式

计算相关理论不仅为人们提供了严谨、规范的科学语言表述系统,针对模糊评价、社会关系测量等问题提供了量化路

径,还衍生出了“计算工程思维”^[1],其利用计算机工程科学和数学科学来理解人的行为,通过计算工具和模拟仿真实验推导出社会演化的最佳规则,并通过实验结果指导最佳的政策制定和干预实施,将社会治理问题转化为工程化的系统设计和测试问题,从而提高社会治理的预警能力和可控性。

到稿日期:2020-11-06 返修日期:2020-11-30 本文已加入开放科学计划(OSID),请扫描上方二维码获取补充信息。

基金项目:国家社科基金后期资助项目(20FFXB068);中国政法大学青年教师学术创新团队支持计划(20CXTD03)

This work was supported by the National Social Science Fund of China(20FFXB068)and China University of Political Science and Law Academic Innovation Team Support Program for Young Scholar(20CXTD03).

通信作者:韩海庭(hanht@pku.edu.cn)

在这场计算革命中,法学问题的研究经历了1948年的计量法律(Jurimetrics)^[2]和1977年的计算法学(Computing Law)^[3]等,最终于2005年确立了计算法学的概念^[4]。计算法学也从最原始的利用统计、计量等知识辅助法学分析演变为综合运用计算、数学和辅助算法、系统等工具开展计算模型、研究范式、计算理论及相关法律问题的综合研究。

1.2 数据要素市场化配置所面临的问题

当前着眼于数据的“聚、通、用”制度的建设已成为各界激活数据新要素的基本共识。但是,数据的虚拟性、非排他性、消耗无损性、再生性、异质性等特点^[5],给传统以清晰产权、确定性合约和公开市场为基础的交易体系带来了巨大的冲击。

首先,数据的虚拟、非排他和消耗无损等特性使数据在流通的过程中极易被复制、转售以及超范围使用等。数据的这种零边际生产成本和难以完全物理交割的特点使数据的占有权、使用权及其控制无法统一交割。因此,静态的数据财产权模型无法适用于动态的数据市场交易。

其次,数据要素价值释放可简单分为数据采集和数据应用两个阶段,因此面临着两阶段授权^[6]或“二次授权”,甚至“多重授权”的要求。但这在实践中极其复杂:一方面用户往往不能仔细阅读晦涩难懂的隐私条款,另一方面用户只能被动点击“接受”才能享受必要的服务。这种霸王条款或繁文缛节让“用户知情同意”的权利成为了核心企业免责的漏洞,严重背离了数据要素市场化配置的初衷。

企业作为数据市场的重要组成部分,往往又是数据的“实际控制者”,其针对个体相关数据的收集、汇总、加工分析和使用(包括转移出售)不仅是提高产品和服务的合理途径,更是发掘数据价值、扩大数据价值的根本来源。但这个过程往往是隐蔽的、不对称的,数据标识主体和监管方在数据市场中所掌握的市场信息较少,数据操纵和变现能力也不同,因此依靠企业主导进行的收益再分配方法存在激励不相容的问题,数据标识主体和监管方的利益无法得到保障。

1.3 基于演化博弈的思路

演化分析^[7]作为一种生物进化学模型,近年来也被用于关于代理人或博弈参与者的行为决策支持,为群体演化提供了良好的数学模型和计算机仿真方法^[8],在拆迁补偿^[9]、河流等公共资源划分^[10]、知识联盟体参与者行为约束^[11]等方面被广泛应用。

演化博弈的主要思想是:系统中有两个或多个相冲突的群体,每个个体又会采取不同的策略,不同策略在不同群体中的边际效用不同,而理性的个体通常只会选择边际效用最大的策略。最终,系统趋于一种稳定状态,即某一类群体具备明显的占优均衡策略,或者群体中采用某种策略的比例趋于稳定。群体中不同策略的初始比例与策略的效用函数决定了个体策略的收敛方向和速度。

1.3.1 数据收益分配的主要思路

鉴于数据要素市场化配置面临的法律制度困境和在实际操作中遇到的难题,我们试图建设基于数据收益权属与数据产业场景的交互机制,引入现代经济学理论和方法为数据要素的定价、收益核算及分配提供必要的工具与机制设计。我们将数据市场假定为个人(群体)与企业(群体)的一种演化博

弈,弱化数据的产权归属和收益的分配,并通过诉讼的方式进行调节。最终,个人基于诉讼成本和收益形成自己的一个策略集,而企业也会基于数据的开发,通过分享获益能力与缴纳罚金来形成自己的一套策略选择。两个群体的不同策略的收益又与对方的策略息息相关,这就将司法关于“公正”的问题转化为了经济的“效用”问题。

对数据市场中博弈双方的策略选择和效用函数进行分析和模拟,寻找不同环境状况(个人申诉成本、企业数据开发能力、企业数据保护成本、(个人)胜诉率等)下市场的均衡状况和演化规律,为市场调控提供指引。同时,也可以基于此以社会福利最大化等为目标探索最佳的(个人)胜诉率,即个人群体所能获得的数据收益比例。

1.3.2 数据收益分配的方法模型

基于文献研究与市场调研,明确界定“数据产权”、“数据收益权”等概念,解决“正义”的“交易”问题,展示隐私权货币化的合理性基础。在给定群体支付收益矩阵的前提下,探索不同情形下博弈系统的稳定性表现以及演化系统呈现的特点。通过仿真进一步分析基于演化博弈系统的数据收益权分配机制在不同给定条件下的演化特征和规律。

1.3.3 数据收益分配机制设计的意义及价值

引入经济分析模型,实现微观经济行为与宏观经济的连通,为宏观制度政策的建立提供经济分析框架。其中,数据收益权替代数据产权理论和再分配的方法,融合了不同参与主体的利益诉求,实现了激励相容,有助于扩大数据市场的总体收益;将个体的司法救济与整个市场的群体结构、技术水平和判赢率等耦合,为目前割裂的监管市场和交易市场提供了连通的工具。

可计算的分析方法为数据收益权分配提供了可量化的权衡机制,即通过建立计算模型来判断各方可享有数据收益的权重及其取舍。由此,对于法律实践中现实的利益冲突,可计算函数所构建的模型分配机制为司法处理提供了可量化的操作工具及判断依据,从而增强了司法处理数据权益纠纷案件的统一性和公平性。

法律行为的本质是经济行为,边际分析同样适用于法律行为,因此引入边际分析路径可以促使法学研究的数据化和计量化。在法学研究中,边际分析不仅有利于法律行为的量化表达,也将引发法律关系的构成、性质及其范围的量化确定,并进一步影响法律制度的制定与实施,以及法律价值的量化权衡、设定与落实;与此同时,法律价值与法律制度的量化权衡和设定有利于法治共识的扩大及其实践的科学化^[12]。

2 相关工作

2.1 理论探讨

2.1.1 数据收益权的提出

传统理论下的所有权是最完全的物权,指向占有且控制的权利。数据作为无形化价值的载体,针对财产利益分配的所有权制度正在经历从“占有控制”到“利益支配”的转化,表现为“所有人实现利益”的制度理念^[13]。因此,制度层面应从收益权的角度划分数据使用利益。国际社会关于数据产权的讨论正逐渐从所有权转向个人利益、行业和企业利益、公共利

益的平衡,强调对数据的访问、控制和权益平衡^[14]。这与中国《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》中提出的“研究根据数据性质完善产权性质”的理念一致^[15]。

2.1.2 数据市场参与者及数据收益权的形成条件

从数据产业链条来看,数据市场的参与主体包含了数据标识主体、数据标识的分发单位、数据收集存储者、数据加工处理者和数据分析应用者等,可简述为数据标识主体和数据控制者¹⁾。

关于数据控制者的权利,杭州市中级人民法院于2020年5月7日发布的《司法保障数字经济十大典型案例》给出了答案:基于企业对于数据保存与处理所投入的劳动与成本,认可企业大数据成果的无形财产性质或竞争法上的财产性权益;同时对于企业拥有的用户数据,承认企业对其经营的用户数据的权益。这体现了数据流动的重要性,以及数据控制者对数据的收集、开发、应用所带来的数据增值对数字经济的重要意义。传统的“(收集的)谁的数据,谁所有”或者“谁收集(数据),谁所有”的理念逐渐演变为如今的“谁对数据开发与再利用,谁分享增值收益”的理念。简单概括为“谁收集,谁保护;谁投入,谁收益”的基本规则。

数据的标识主体的数据权利则在传统的人格权、财产权等概念中讨论得较多。与此同时,还可以通过“隐私侵害”这一被动性设计来予以完善。隐私侵害涉及两个方面:(1)标识主体的“合理隐私期待”^[16](Reasonable Expectation of Privacy),即只要当事人处于某一空间时主观上期待隐私,同时这种期待被大众所普遍认可,那么该私密载体或空间就属于隐私权保护范畴^[17]。(2)数据控制者的“合理妨害”:1)流转和应用数据时是否经过“匿名化”和“脱敏化”等必要安全处理;2)符合“识别性”与“关联性”标准的个人数据,是否合理贯彻了“主体同意”制度;3)是否严格遵守数据标识主体授权的具体操作、应用范围等。典型案例有我国首例大数据产品不正当竞争案,即“生意参谋”案^[18]。

由此可见,数据主体的权益主要分为数据财产权和隐私暴露的救济。与此同时,德国学者通过实验证明,只需有50欧分的优惠,一半的客户就会选择分享自己的邮箱地址等^[19]。用户这种对信息的获取与披露、对隐私的保护诉求的非绝对性,意味着存在协商与交易的空间。因此,数据标识主体的一切权利(包括隐私权等)在实践中都可以打包为数据收益权被定价和计量,这也为经济分析提供了正当性基础。

2.1.3 “重力公式”和“比例原则”

当前数据市场争议中的“各主体收益权的存在与否”演变为了“用户对数据的知情决定权与企业对数据的开发使用权的程序是否正义”。因此,在司法实践中可适时引入阿列克西比例原则^[20]。阿列克西比例原则以其法律原则理论为基础,提出了精巧的重力公式,用于理性化、量化地权衡各法律原则^[21]。重力公式将一定个案情形下实现某个原则的重要性归结为该原则的“重力”(Weight, W),重力为原则被满足的重要性程度(侵害密度 Interference, I)、抽象重力和被侵害的经验性前提的确定性程度(Reliability, R),这3个要素的乘积与

两方原则的重力的比例关系可表示为:

$$W_{ij} = \frac{I_i W_i R_i}{I_j W_j R_j}$$

运用重力公式的第一步就是对相冲突的两原则各自蕴含的上述三要素进行赋值。W, R, I的赋值分为3个程度:轻(L)、中(M)、重(S);确定了三要素质量值后便可代入公式进行计算,根据计算结果确定*i*被支持还是*j*被支持。当然,该模型也会出现“平手”的情形,这体现了权衡模式的结构特性,这时权衡者享有决定适用任一原则的自由裁量权。我们可以将个案中个人申诉所获得的支持力度表示为 W_{ij} ,并设置 $W_{ij} \in [0, 1]$,其中,*I*代表是否具备明显识别性且经过用户知情同意;W代表信息侵害风险导致的公民人格权或财产权损害;R代表程序是否正义,经过了充分的“脱敏”和“匿名化”,且具备恰当合理的数据应用等流程和范围。

2.2 技术模型构造

2.2.1 模型假设

假设1 数据市场的博弈主体是个人与企业。个人即数据标识主体,企业是数据实际控制人。1)个人分享必要信息以获取服务,企业应用数据提升服务质量并收费;2)企业应用收集的数据开展超出服务范围的业务并获取收益,个人因受到个人数据泄露或被超范围使用而利益受损,行使申诉权利。

假设2 针对个案来讲,“公平正义”的含义是对“因数据开发和交易所获得的收益”进行合理分配。但是,对于整个社会,我们可以将个人对数据收益权的分配额度等价于申诉的成功概率,记做 R_i ,因此不成功的概率即为 $(1-R_i)$ 。从社会管理的角度,分配个案的收益比例与探索全样本申诉成功率的效果是等同的。

假设3 个人和企业分别有强硬策略(P_s, F_s)和缓和策略(P_a, F_a)。其中,个人的强硬策略就是申诉,企业的强硬策略就是完全分享数据;个人的缓和策略就是放弃对隐私权的经济救济,企业的缓和策略就是严格禁止数据跨实体流动。

假设4 个人和企业的缓和策略的效用分别是(U_{p0}, U_{f0}),企业拥有的数据量为 $n\pi_i$ (π_i 为单个用户所贡献的数据, n 为用户数),当采取强硬策略时,原则上会采取必要的安全措施及正义程序,产生成本为 $\alpha n\pi_i$,所获收益为 $\beta n\pi_i$;被申诉的案件数为 nR_p ,因申诉产生的支出为 $n\rho_i R_i$,其中 R_p 为个人选择申诉的概率, ρ_i 为第*i*个用户的申诉金额。为了简便起见,本文将采用平均申诉金额 $\bar{\rho}$ 。个人对企业造成的效用影响即为:安全成本 $\alpha\pi_i$ 、分享所得收益 $\beta\pi_i$ 、因个体申诉所产生的罚金 $\rho_i R_i$ (即 $\bar{\rho} R_i$)。个人采取强硬策略所花费的成本为 c ,申诉成功所获得的收益为 $\bar{\rho}$ 。

假设5 申诉成功的概率与个人申诉金额、企业实质性损害等有关。若个人申诉金额过高,或者企业实质性损害不成立,则个人申诉不成功。因此,这里主要参照两个原则:1)阿列克西重力公式(实质损害是否成立);2)合理妨害(企业是否有足够的免责条件)。因此,关于 $\rho_i, \bar{\rho}$ 和 R_i ,有 $\bar{\rho} = \frac{1}{t} \sum_1^t \rho_i, \rho_i, t = nR_p, R_i = \frac{1}{t} \sum_1^t W_{ij} | \rho_i < \alpha n\pi_i$ 。

¹⁾ 此处数据控制者借用了GDPR的有关概念,包括了数据收集存储者、数据加工处理者和数据分析使用者等角色,主要用于与数据标识主体对应。

具体的参数说明如表 1 所列。

表 1 参数说明

Table 1 Parameter description

参数	意义
Up_0	个人采取不申诉策略时的收益
R_s	平均个人申诉成功比例(索赔额受支持比例)
c	个人申诉需要花费的必要成本
Uf_0	企业采取保守经营策略时的收益
β	企业数据开发收益能力系数
n	企业所拥有的用户数
π_i	单个用户所贡献的数据量
α	企业应用于数据保护和开发所需必要成本系数
ρ_i	用户 i 的申诉金额(效用)
$\bar{\rho}$	平均个人申诉索赔额(效用)
R_p	个体选择申诉(强硬策略)的概率
R_f	企业选择分享数据(强硬策略)的概率

2.2.2 模型构建

综上,针对个人和企业构建了演化模型,收益矩阵如表 2 所列。

表 2 收益支付矩阵

Table 2 Revenue payoff matrix

		企业	
		F_s	F_p
个人	P_s	$(Up_0 + \bar{\rho}R_s - c, Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s)$	$(Up_0 - c, Uf_0)$
	P_a	$(Up_0, Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i)$	(Up_0, Uf_0)

根据上述收益矩阵和博弈关系可以构建个人与企业的复制动态方程,首先求出个人和企业分别选择不同策略时的适应度和平均适应度。

当个人采取强硬策略时,其边际期望收益为:

$$Up_s = R_f(Up_0 + \bar{\rho}R_s - c) + (1 - R_f)(Up_0 - c)$$

当个人采取缓和策略时,其边际期望收益为:

$$Up_a = R_fUp_0 + (1 - R_f)Up_0 = Up_0$$

个人的平均期望收益为:

$$\begin{aligned} U_p &= R_p * Up_s + (1 - R_p)Up_a \\ &= R_p * (R_f(Up_0 + \bar{\rho}R_s - c) + (1 - R_f)(Up_0 - c)) + \\ &\quad (1 - R_p)Up_0 \end{aligned}$$

当企业采取强硬策略时,其边际期望收益为:

$$Uf_s = R_p(Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s) + (1 - R_p)(Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i)$$

当企业采取缓和策略时,其边际期望收益为:

$$Uf_p = R_pUf_0 + (1 - R_p)Uf_0 = Uf_0$$

企业的平均期望收益为:

$$\begin{aligned} U_f &= R_f * Uf_s + (1 - R_f)Uf_p \\ &= R_f * (R_p(Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s) + (1 - R_p) \\ &\quad (Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i)) + (1 - R_f)Uf_0 \end{aligned}$$

根据演化博弈理论,群体的策略选择最终指向一个稳定的状态,使得采取不同策略的个体形成一个相对稳定的比例。即群体选择的策略的增长率等于它的相对适应性(即相对期望收益)。一旦采取这个策略,个体期望收益比群体的平均期望收益高,采取该策略的人就会增加。因此,可以得到个人选择强硬策略的复制动态方程(数量增长率)为:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{R}_p}{R_p} &= Up_s - U_p \\ &= -(1 - R_p)(Up_0 - (R_f(Up_0 + \bar{\rho}R_s - c) + (1 - R_f) \end{aligned}$$

$$(Up_0 - c)))$$

$$= (1 - R_p)(R_f\bar{\rho}R_s - c)$$

同理,可得企业选择强硬策略的复制动态方程(数量增长率)为:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{R}_f}{R_f} &= Uf_s - U_f \\ &= -R_f * (R_p(Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s) + (1 - R_p) \\ &\quad (Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i)) - (1 - R_f)Uf_0 + R_p(Uf_0 + \\ &\quad \beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s) + (1 - R_p)(Uf_0 + \beta\pi_i - \alpha\pi_i) \\ &= (1 - R_f)(\beta\pi_i - \alpha\pi_i - R_p\bar{\rho}R_s) \end{aligned}$$

由微分方程 $\frac{\dot{R}_p}{R_p}$ 和 $\frac{\dot{R}_f}{R_f}$ 可得到个人和企业的复制动态方程。

$$\begin{cases} \dot{R}_p = R_p(1 - R_p)(R_f\bar{\rho}R_s - c) \\ \dot{R}_f = R_f(1 - R_f)((\beta\pi_i - \alpha\pi_i) - R_p\bar{\rho}R_s) \end{cases}$$

令 $\dot{R}_p = 0$ 和 $\dot{R}_f = 0$, 求解复制动态方程,得到个人与企业博弈动力系统的均衡点为 $(0, 0)$, $(0, 1)$, $(1, 0)$ 和 $(1, 1)$, 以及 (R_p^*, R_f^*) 。

$$\begin{cases} R_p^* = \frac{\beta\pi_i - \alpha\pi_i}{\bar{\rho}R_s} \\ R_f^* = \frac{c}{\bar{\rho}R_s} \end{cases}$$

2.3 技术模型分析

2.3.1 均衡点分析

利用雅克比矩阵的局部稳定性来分析个人和企业的复制动态方程,根据微分方程组依次求 R_p 和 R_f 的偏导数,得出雅克比矩阵:

$$J =$$

$$\begin{bmatrix} (1 - 2R_p)(R_f\bar{\rho}R_s - c) & R_p(1 - R_p)\bar{\rho}R_s \\ -R_f(1 - R_f)\bar{\rho}R_s & (1 - 2R_f)((\beta\pi_i - \alpha\pi_i) - R_p\bar{\rho}R_s) \end{bmatrix}$$

则矩阵的 $detJ$ 和 trJ 分别为:

$$detJ = (1 - 2R_p)(c - R_f\bar{\rho}R_s)(1 - 2R_f)(R_p\bar{\rho}R_s - \beta\pi_i + \alpha\pi_i) + R_p(1 - R_p)\bar{\rho}R_s R_f(1 - R_f)\bar{\rho}R_s$$

$$trJ = (1 - 2R_p)(R_f\bar{\rho}R_s - c) + (1 - 2R_f)((\beta\pi_i - \alpha\pi_i) - R_p\bar{\rho}R_s)$$

将均衡点 $(0, 0)$, $(0, 1)$, $(1, 0)$, $(1, 1)$ 和 (R_p^*, R_f^*) 分别代入上式,得出 $detJ$ 和 trJ 的约简表达式如表 3 所列。

表 3 演化博弈系统各均衡点的 $detJ$ 和 trJ 值

Table 3 $detJ$ and trJ values of each equilibrium point in evolutionary game system

均衡点	矩阵行列式和迹表达式
$(0, 0)$	$detJ = c(\alpha\pi_i - \beta\pi_i)$ $trJ = \beta\pi_i - c - \alpha\pi_i$
$(0, 1)$	$detJ = (\bar{\rho}R_s - c)(\alpha\pi_i - \beta\pi_i)$ $trJ = -c - (\beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s)$
$(1, 0)$	$detJ = (-c)(\bar{\rho}R_s + \alpha\pi_i - \beta\pi_i)$ $trJ = c - (\bar{\rho}R_s - \beta\pi_i + \alpha\pi_i)$
$(1, 1)$	$detJ = (c - \bar{\rho}R_s)(\bar{\rho}R_s + \alpha\pi_i - \beta\pi_i)$ $trJ = (c - \bar{\rho}R_s) + (\bar{\rho}R_s - \beta\pi_i + \alpha\pi_i)$
(R_p^*, R_f^*)	$detJ = \frac{c(\bar{\rho}R_s - c)(\beta\pi_i - \alpha\pi_i)(\bar{\rho}R_s - \alpha\pi_i + \beta\pi_i)}{(\bar{\rho}R_s)^2}$ $trJ = 0$

令 $K_1 = \bar{\rho}R_s - c, K_2 = \beta\pi_i - \alpha\pi_i - \bar{\rho}R_s, K_3 = \beta\pi_i - \alpha\pi_i$ 。

其中, K_1 代表企业分享个人数据时个人申诉相对不申诉所得的净收益, K_2 代表个人申诉条件下企业分享个人数据相对不分享数据所得的净收益, K_3 代表个人不申诉条件下企业分享个人数据相对不分享数据所得的净收益。经调研发现, $K_3 > 0$ 恒成立, 并因此成为数据流动和价值创造的根源; $c > 0$ 恒成立, 成为个人选择是否申诉的重要考量。对于无法保证 $K_3 > 0$ 的企业, 意味着企业也无能力开展数据流动、交换等相关业务, 因此也不存在产生数据纠纷的可能性。

2.3.2 稳定性分析

根据表 2 可知, 演化博弈均衡稳定性与个人申诉行为和企业是否分享数据有直接关系。本节探讨个人和企业在不同收益情况下的市场均衡状况, 即不同状况下演化均衡策略 (Evolutionarily Stable Strategy, ESS) 的存在状况。

情形 1 为 $K_1 > 0, K_2 > 0$; 情形 2 为 $K_1 > 0, K_2 < 0$ 。情形 1、情形 2 下相应的演化博弈系统均衡分析如表 4 所列。

表 4 情形 1、情形 2 下演化博弈系统各均衡点的分析

Table 4 ESS analysis under condition 1 and 2

	情形 1			情形 2		
	detJ	trJ	稳定性	detJ	trJ	稳定性
(0,0)	-	N	鞍点	-	N	鞍点
(0,1)	-	-	鞍点	-	N	鞍点
(1,0)	+	+	不稳定	-	N	鞍点
(1,1)	+	-	ESS	-	N	鞍点
(R_p^*, R_f^*)	+	0	中心点	+	0	中心点

根据表 4 可得, 情形 1 的市场最终均衡点是 (1, 1), 即最终会出现所有人采取强硬申诉策略, 而所有企业也会采取强硬分享策略。情形 2 的市场没有最终的均衡策略, 市场表现为客户和个人持续不断的动态博弈, 交替采取强硬策略。

情形 3 为 $K_1 < 0, K_2 > 0$; 情形 4 为 $K_1 < 0, K_2 < 0$ 。情形 3、情形 4 下相应的演化博弈系统均衡点分析如表 5 所列。

表 5 情形 3、情形 4 的演化博弈系统各均衡点分析

Table 5 ESS analysis under condition 3 and 4

	情形 3			情形 4		
	detJ	trJ	稳定性	detJ	trJ	稳定性
(0,0)	-	N	鞍点	-	N	鞍点
(0,1)	+	-	ESS	+	N	不稳定
(1,0)	+	+	不稳定	-	N	鞍点
(1,1)	-	N	鞍点	+	+	不稳定
(R_p^*, R_f^*)	-	0	鞍点	-	0	鞍点

根据表 5 可得, 情形 3 的市场最终均衡点是 (0, 1), 即最终会出现所有企业采取强硬策略, 而所有个人采取保守策略。情形 4 的市场不一定存在均衡策略, 如果有, 则在 (0, 1) 处, 具体根据 trJ 表达式可知, 当 $K_2 \geq c$ 时无均衡点, 反之 (0, 1) 为均衡点, 市场表现为企业优先采用强硬策略。

3 仿真实验与分析

本研究基于 MATLAB-2018b 进行仿真, 分别使 R_p 及 R_f 取值为 $[0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1]$, 并将市场设置为 30 (并无特殊单位, 仅用于评估当前初始值下达到均衡所需要的时间), 以模拟分析均衡出现的情形和形成均衡所需要的时间。

(1) 假设场景为情形 1, 可设定 $\bar{\rho} = 5, R_s = 0.3, c = 1, \beta\pi_i -$

$\alpha\pi_i = 3$, 仿真结果如图 1 所示。

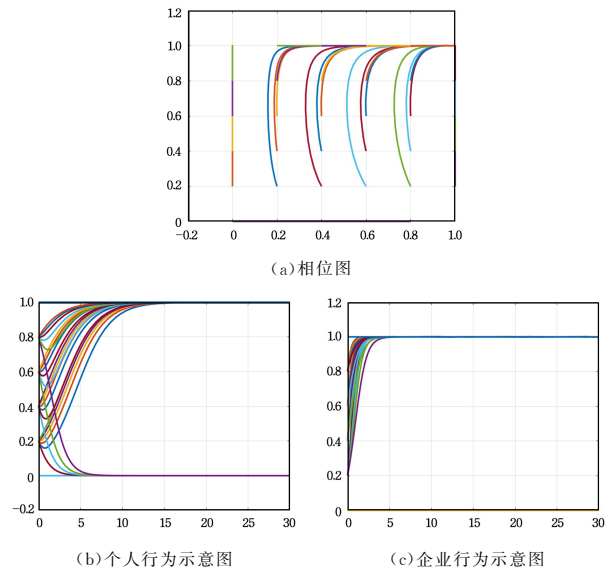


图 1 情形 1 的仿真结果

Fig. 1 Simulation results under condition 1

当保持 $\bar{\rho} = 5, c = 1, \beta\pi_i - \alpha\pi_i = 3$ 不变而增大 R_s 时, 即增大实践中个人申诉被支持的比例, 分别假设 $R_s = 0.4, R_s = 0.598$, 结果如图 2 所示。

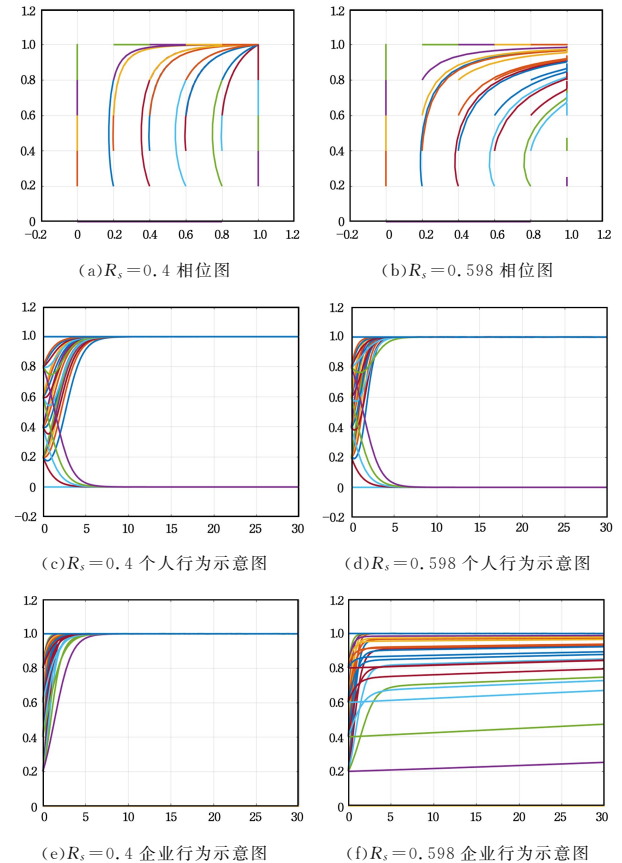


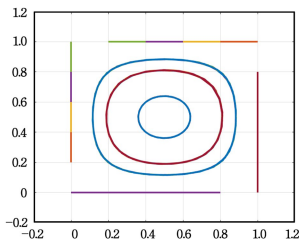
图 2 $R_s = 0.4, R_s = 0.598$ 时的仿真结果

Fig. 2 Simulation results under conditions $R_s = 0.4$ and $R_s = 0.598$

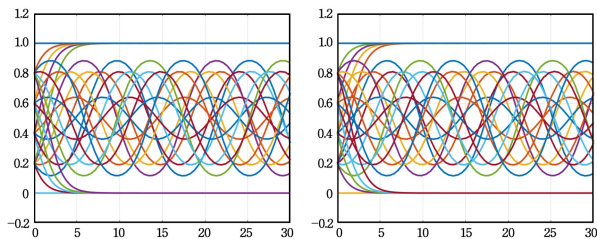
根据图 4 可知, 当 R_s 增大时, 实际上增大了相同环境下个人申诉所得赔款额, 从而促使中心点 (R_p^*, R_f^*) 的出现, 同时

无论是个人还是企业,实现市场均衡的时间都变长。部分个人的行为会趋向于保守策略(这取决于个人的平均期望收益),而企业则只会选择强硬策略,即大肆分享数据。

(2)假设场景为情形 2,可设定 $\bar{\rho}=5, R_s=0.4, c=1, \beta\pi_i - \alpha\pi_i=1$, 仿真结果如图 3 所示。



(a) 相位图



(b) 个人行为示意图

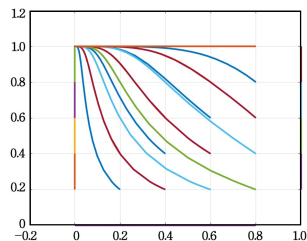
(c) 企业行为示意图

图 3 情形 2 的仿真结果

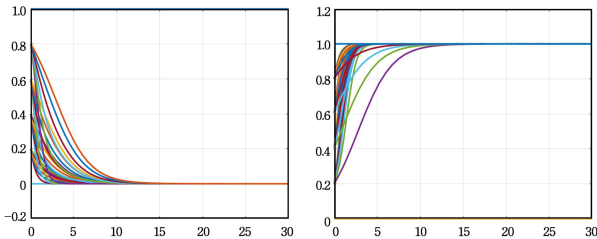
Fig. 3 Simulation results under condition 2

根据图 3 可知,该情形下并无确定的均衡状况,通过图 3(b)和图 3(c)可以看到,个人和企业的策略总是在交替循环,并不会明确将强硬或保守策略作为优势策略,二者彼此制约、相互转换。

(3)假设场景为情形 3,可设定 $\bar{\rho}=5, R_s=0.3, c=2, \beta\pi_i - \alpha\pi_i=2$, 仿真结果如图 4 所示。



(a) 相位图



(b) 个人行为示意图

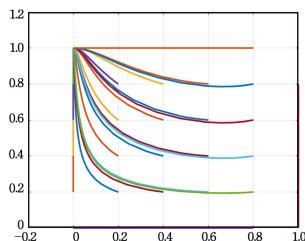
(c) 企业行为示意图

图 4 情形 3 的仿真结果

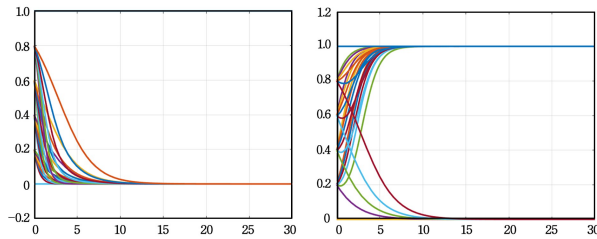
Fig. 4 Simulation results under condition 3

根据图 4 可知,该情形下的稳定状况为所有企业最终选择强硬策略,而个人选择保守策略。通过图 4(b)和图 4(c)可以发现,部分企业也会根据初始个人采取强硬策略的比例而选择保守策略,这种情况只出现在所有个人都为强势主体时。

(4)假设场景为情形 4,可设定 $\bar{\rho}=5, R_s=0.4, c=2.5, \beta\pi_i - \alpha\pi_i=1.5$, 仿真结果如图 5 所示。



(a) 相位图



(b) 个人行为示意图

(c) 企业行为示意图

图 5 情形 4 的仿真结果

Fig. 5 Simulation results under condition 4

根据图 5 可知,该情形的表现与情形 3 相似,最终的稳定状况为所有企业最终选择强硬策略。但转化路径又有所不同,情形 3 从(1,0)点开始,第一步可以有(1,1)和(0,0)两个演化方向,即从个人强硬、企业保守的初始状态下个人和企业都会采取相反的演化策略。但是,情形 4 不存在从(1,0)向(1,1)演化的可能性。

4 总结与分析

从管理的角度出发,当市场出现极端状况(一方完全强硬,一方完全保守)时市场是不正常的,或是无效率的,这隐含着市场活力受到了压制。因此,情形 3 和情形 4 都应该被避免,其中情形 3 表明了个人权利可能受到侵犯,个人让渡出的权益没有被市场公平地定价,而情形 4 比情形 3 稍微有改善,一定程度上抑制了企业过度强势行为的发生。

情形 1 和情形 2 应该是比较高效的或者对市场有益的。尤其是情形 2,它保证了个人与企业的循序竞争,使得市场活力被充分激发,能够最大程度地实现数据的流动,同时平衡好利益相关者的权益。相比之下,情形 1 下的市场过于活跃,会徒增监管成本和交易摩擦成本,并不一定是市场的最优选择。

在此过程中,个人申诉平均索赔额 $\bar{\rho}$ 和申诉成本 c 、企业数据开发能力系数 β 和安全成本系数 α 、法官对于个人申诉的判赢率 R ,都是影响演化博弈系统的重要因素。其中, $\bar{\rho}, c$ 和 β, α 是个人和企业 在博弈过程中所掌握的信息和出价,是社会生产力提升的重要体现,也是数据市场基础设施的优化目标。因此, R_s 的可操控性成为了该市场调节的重要工具,即正义和效率的“上帝之手”。 R_s 在实际的社会管理中是一个控制变量。 R_s 存在明显的自由裁量度,因此和税收比例、分成比例等一样,是一种重要的管理工具。

基于这套演化博弈系统的分析可以发现,它很好地避免了市场强势主体隐瞒信息或者肆意支配市场资源的情形。在

这种机制和安排下,数据标识主体(个人)和数据控制者的效用都可以通过理性收益函数和成本来计算自己应该采取的行为,并根据对方的策略进行调整,因此是一种“卡尔多-希克斯效率”^[22],而非所谓的“帕累托效率”。这种机制消除了时间顺序和主观偏好的影响,不存在主观的“默认受害者”角色,保证了演化过程是双向的,更能实现数据市场全局收益的最大化,更具宏观治理和政策意义。

结束语 数字经济的核心是以数据为核心的生产资源和生产资料的高效配置。本文探讨了物权法视域下数据作为一种特殊商品或资源时产权划分的难题。同时,以社会福利最大化的目标为指导思想,开展数据主体和数据控制者之间的博弈,从而实现资源的高效配置。最终通过理论推导和MATLAB算法仿真模拟了不同市场状况下的数据主体和数据控制者的行为策略变化,为市场监管提供重要参考依据和指导。本文引入经济的计量分析,为法学研究和法律问题提供了可计量的实践,打通了个体经济行为决策与社会宏观政策的界限,这在数字化社会和算法驱动的新经济中意义重大。

同样,本文没有探讨 R 对演化博弈的直接影响,而是将判赢率与申诉额的乘积作为一个整体 $\bar{\rho}R$ 来分析,这是因为目前的司法实践中暂时无法知晓判赢率与申诉额之间是否存在相关性,这将是未来研究的重点问题之一。与此同时,本文以社会福利最大化为目标,构建了激励相容状况下的演化博弈,但并没有给出明确的社会选择函数,因此研究还略显宽泛,未来将结合主管单位和社会治理的需求构建社会选择函数,对该分析框架进行补充和完善。

参 考 文 献

- [1] WING J M. Computational thinking[J]. Communications of the ACM, 2006, 49(3): 33-35.
- [2] LOEVINGER L. Jurimetrics--The Next Step Forward[J]. Minn. L. Rev., 1948, 33: 455.
- [3] SEIPEL P. Computing law: perspectives on a new legal discipline [D]. Stockholm: LiberFörlag, 1977.
- [4] LOVE N, GENESERETH M. Computational law [C]// Proceedings of the 10th International Conference on Artificial Intelligence and Law. 2005: 205-209.
- [5] HAN H H, YUAN L L. Study on Data Capitalization in the Digital Economy [J]. Credit Reference, 2019, 37(4): 72-78.
- [6] YE Y Z, LIU G H, ZHU Y Y. Two-step Authorization Pattern of Data Product Circulation[J]. Computer Science, 2021, 48(1): 119-124.
- [7] WEIBULL J W. Evolutionary game theory [M]. MIT Press, 1997.
- [8] WANG Y Z, YU J Y, QU W, et al. Evolutionary game model and analysis methods for network group behavior[J]. Chinese Journal of Computers, 2015, 38(2): 282-300.
- [9] TANG D Z, MA W F. Research on Compensation System of Urban House Removal Based on Evolutionary Game Theory[J]. Finance and Trade Research, 2007(6): 25-28, 66.
- [10] LI C F, ZHANG L Y. Interest Conflict of River Basin Ecological Compensation Based on Evolutionary Game Theory[J]. China Population Resource and Environment, 2014, 24(1): 171-176.
- [11] XING H L, GAO C Y. Research on Dynamic Evolutionary Game Model of Data Resource Sharing among Big Data Alliance Members: Based on the Perspective of Sharing Positivity[J]. Management Review, 2020, 32(8): 155-165.
- [12] TU S B. Research on the possibility and Limit of Mathematical Expression in Law: Based on economics and Proportionality Principle [J]. Law Review, 2020(4): 37-50.
- [13] LI G Q. Conceptualization of Ownership: A Historical Character of Ownership in Modern Private Law [J]. Modern Law Science, 2009(4): 20-28.
- [14] KERBER W. A new (intellectual) property right for non-personal data? An economic analysis [J]. Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht, Internationaler Teil (GRUR Int), 2016, 11: 989-999.
- [15] CAO J F, ZHU L H. Preliminary Study on European Data Property Rights [J]. Information Security and Communications Privacy, 2018(7): 30-38.
- [16] WILKINS R G. Defining the reasonable expectation of privacy: an emerging tripartite analysis [J]. Vand. L. Rev., 1987, 40: 1077.
- [17] KITCH E W, KATZ V. United States: The Limits of the Fourth Amendment [J]. The Supreme Court Review, 1968, 1968: 133-152.
- [18] ZHU J J. The legal enlightenment of the country's first big data product unfair competition dispute [N]. People's Court News, 2018-09-26 (007).
- [19] HANG X B. 'General Free Mode + Specific Payment Mode': A New Thinking on Personal Information Protection [J]. Journal of Comparative Law, 2018(5): 1-15.
- [20] PENG C X. From legal Principle to Case Norm — Civil Law Application of Alexi Principle Theory [J]. Chinese Journal of Law, 2014 (4): 92-113.
- [21] ALEXY R. Institutionalized reason: the jurisprudence of Robert Alexy [M]. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- [22] STRINGHAME P. Kaldor-Hicks efficiency and the problem of central planning [J]. Quarterly Journal of Austrian Economics, 2001, 4(2): 41-50.



SHANG Xi-xue, born in 1987, Ph.D, assistant professor. Her main research interests include legal protection for personal data, regulation approach to digital economy.



HAN Hai-ting, born in 1993, Ph.D, is a member of China Computer Federation. His main research interests include economic design, computational sociology, data governance and data market infrastructures based on DLT and smart contracts.