

基于 Lotka-Volterra 模型的数字经济生态系统运行机理与演化发展研究

孟方琳^{1,2}, 田增瑞^{1,2}, 姚 歆³

(1. 东华大学旭日工商管理学院, 上海 200051; 2. 上海杉达学院商学院, 上海 201209;

3. 中国国际贸易促进委员会商业行业委员会, 北京 100801)

摘 要:在大数据、量子计算、北斗应用、物联网、人工智能、虚拟现实、区块链等技术的推动下,我国数字经济已迈入各类经济主体深度参与、多种产业融合集聚、新型业态和智慧模式不断涌现、价值共创效率迅速提高、相关标准和体系亟需构建的新阶段。从生态学视角,创造性地运用生态系统理论、共生理论、演化博弈理论研究数字经济生态系统的构成与特征,剖析数字经济生态系统的运行机理,运用 Lotka-Volterra 模型探讨数字经济生态系统内中枢企业种群与卫星数字企业种群的共生稳定性,重点分析了数字经济生态系统的演化目标、动力和过程,最后提出我国数字经济生态系统互惠共生协同演化的主要策略。

关键词:数字经济;价值共创;生态系统;共生演化;Lotka-Volterra 模型

中图分类号:F49;F414

文献标志码:A

文章编号:1671-4970(2020)02-0063-09

随着云计算、大数据等平台基础设施的完善,互联网、物联网承载能力与价值创造能力的逐步提高,以及计算机、移动设备、可穿戴设备、传感器等硬件软件终端的大量涌现,数字经济正迎来高质量发展的 3.0 时代。我国数字经济规模已位居世界第二,2018 年的数字经济体量为 31.3 万亿元,占 GDP 比重的 34.8%。预计到 2035 年,我国数字经济规模将达到 110 万亿元以上,渗透率达 48%,就业容量为 4.15 亿^[1]。CNNIC 统计显示,2019 年,我国 8.54 亿

网络用户进入了全民移动互联的多屏时代,互联网普及率高达 61.2%,与美国同时成为全球数字经济的领导力量,是全球信息革命的创新中心。数字经济给人类带来财富与福利的增长,正迈向虚实结合、产业联动、协同共生的智慧时代^[2]。数字经济 3.0 时代,数据的开放共享性、业务流程的动态非线性、企业的创新成长性、主体的多样共存性使数字经济具备了生态系统特征,这让海量主体便捷迅速地参与市场竞争与合作,各类主体生态位分离栖息,产

收稿日期:2019-12-31

基金项目:教育部人文社会科学项目(17YJA630087);上海市哲学社会科学基金项目(2019BJB014);上海市属应用型本科上海杉达学院国际经济与贸易专业建设(Z30011.18.006)

作者简介:孟方琳(1980—),女,黑龙江双鸭山人,副教授,从事创新与创业管理、数字经济研究。

业高效集聚和区域协同成为可能。数字经济正催生和聚合各类创新资源,为各国经济发展注入新动能。因此,研究数字经济生态系统的运行机理及其共生演化路径具有重要的理论和现实意义。

一、相关研究回顾

早期数字经济主要研究其对经济发展的推动作用,如袁正光基于世界数字技术发展趋势提出了数字革命是新的经济战,他认为数字革命能助推传统产业转型进入信息经济时代并形成新产业,智力资本会成为企业的核心资源^[3]。1996年,泰普斯科特首次提出数字经济(Digital Economy)的概念,预言互联网会改变经济生活,数字经济是新经济、新企业和新技术以及三者之间的有效互动^[4]。美国商务部在《新兴的数字经济》中分别就信息产业、计算机和电信工业对GDP增长的贡献做了分析,指出美国经济增长的三分之一来源于数字经济。进入21世纪,邵培仁等开始关注因信息通讯技术发展不平衡带来的世界信息化差距^[5];熊光清提出地区间和国家间存在数字鸿沟^[6];尹翔硕等通过计量分析数字鸿沟的影响因素给出弥合数字鸿沟和发展数字经济的主要策略^[7]。赵越将数字经济称为信息经济,梳理了产生发展过程,在归纳美国、欧洲、亚洲和拉美发展状况的基础上,提出电子商务促进各行业发展、消费者会进入网络市场等观点^[8]。近年来,学者开始研究数字内容产业的概念、特征、类型、定位、发展、制度建设等^[9],通过国际比较研究提出我国数字经济发展的现实制约和发展对策等^[10]。数字经济孕育新的消费模式、助力产业整合与升级、催生全新生产模式、加速经济全球化,各国都出台了国家层面的数字经济发展战略^[11]。同时,数字经济可以破解我国制造业转型升级的“痛点”^[12],在数字经济的驱动下打造信息、资源和数据的共享平台,加速制造业创新生态的形成,借助数字经济提高我国工业发展质量^[13]。近两年,数字经济的研究重点聚焦在数字经济本质及发展逻辑^[14]、数字经济的统计界定与驱动行业^[15]、数字经济对经济增长的贡献度^[16]、数字经济和区域创新能力之间的关系^[17]、数字贸易^[18]、数字金融^[19]、数字治理^[20]等方面。

生态系统理论从可持续发展视角用自然发展规律论证诸多社会经济问题,商业生态系统和创新生态系统是生态学与复杂系统理论运用最多的两个领域。Tansley认为,生态系统是在特定的时间和空间

内,各类生物群落与其所处的非生物环境,在能量交换、物质共享、物种流动、信息传递的互动过程中,形成的有组织、有规律的相互影响作用、共存共亡的具有松散性和开放性的动态复杂综合系统^[21]。Moore首次提出商业生态系统,认为相互关联的经济组织会形成动态的结构系统,即命运共同体^[22]。Iansiti等将创新生态系统视为由企业、消费者和市场所处的自然、社会、科技和经济环境构成的系统^[23]。生态系统由核心企业、能力和功能互补企业构成,在核心企业的战略重构中发挥各个互补企业的异质性,系统会经历初创、扩张、成熟、衰退或复兴升级等阶段^[24],在整个演化过程中进行价值共创、共享和共取^[25]。目前,众多学者研究企业生态系统、区域创新生态系统和国家创新生态系统,但是鲜有学者从生态学视角对数字经济发展特征、运行机理等进行分析。因此,笔者将数字经济视为复杂动态的生态系统,运用共生理论、演化博弈理论对系统的构成与特征进行深度分析,阐述数字经济生态系统的运行机理和共生稳定性,并基于数字经济生态系统的演化发展提出我国数字经济生态系统可持续健康发展的主要策略。

二、数字经济生态系统的运行机理

《二十国数字经济发展与合作倡议》将数字经济定义为:以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素、以现代信息网络作为重要载体、以信息通信技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动^[26]。数字经济生态系统是以数字生产者、数字消费者、数字分解者等子系统为基础,将各要素集中并聚合反应,完成价值链增值,形成立体网络并不断拓展边界的开放系统。

1. 数字经济生态系统的构成

借鉴Odum等的生态系统科学理论,将数字经济生态系统的构成分为中枢企业、数字种群、价值群落3个核心部分^[27]。

(1) 中枢企业

中枢企业具备一定的“磁铁”功能,吸引各类资源聚合,对数字经济生态系统起关键作用,其聚焦产业链关键环节,带动大量卫星企业聚集;作为众多中小微企业的母体,在追求卓越关键业务的同时,通过孵化、加速、衍生等方式繁衍出战略利益相关的创新企业群,进而设计并维护商业生态系统的成长,成就整个生态系统价值空间的拓展。Microsoft、Apple、Amazon、Google、Facebook、Alibaba、Tencent被视为七

大世界超级平台,这些中枢企业推出的一系列创新活动增强顾客黏性,提升顾客个体的忠诚度和依赖性,引导顾客成为数字经济生态系统中的常住居民。同时,中枢企业积极重构卫星式的行业生态圈,与其他数字种群形成了关系多样化、运行数字化、产品多元化、结构柔性化和文化共融化的发展格局。

(2) 数字种群

数字经济生态系统中,具有相似特征或偏好的物种在一定时间内占据特定空间构成不同的数字种群。移动互联网的普及和各类 APP 的爆发式增长,突破时空限制使个体和企业客户长期栖息于虚拟空间,客户端的指数级增长和现象级内容火爆类似于生态学中种群爆发,种群密度也在迅速增加。数字经济生态系统内各种群与环境之间形成相对位置,并在系统中发挥不同的功能,它们具有精准和动态的生态位,即在数字经济生态系统中占据的 N 维超体积空间,信誉度、成长值、好评度、互动值、活跃度、贡献值等构成其维度。

(3) 价值群落

在数字经济生态系统中,类似种群构成的集合体组成不同价值群落。在价值群落中因功能、布局 and 结构不同而存在优势物种、关键物种和冗余物种。数字经济生态系统的价值群落中数量多、生产力强、影响力大的物种是优势物种;虽然数量不占绝对优势,但缺少了会使整个生态系统发生变化甚至颠覆的是关键物种;对整个群落或系统并不产生重要影响的称为冗余物种。数字经济生态系统需要孵化和培育多种多样的数字种群、价值群落和子系统,共同形成多点位立体化支撑,增强数字经济生态系统的风险抵抗力,维持结构稳定性,提高系统的竞争力。

2. 数字经济生态系统的运行基础

“大+云+平+网+端”是数字经济生态系统运行的基础,也构成了高度复杂和动态变化的数字经济基本生态因子。首先,数字经济发展的驱动源是数字数据,包括各类平台上留下的个人、企业、社会和商业活动的数字足迹。数据已成为创造价值的新经济资源,具有自生性、复制性、共享性以及边际价值递增性,对大数据的高效聚合与分析应用,有助于价值链增值,使全流程各环节更加高效精准。大数据对于感知并分析客户需求、提升产品和服务附加值、助推传统产业转型升级等都起到重要作用,数据“红利”在数字经济发展中正释放巨大的能量。其次,云计算为数字经济发展赋能,电信运营商、IT 企

业、互联网企业均可参与政务云、金融云、工业云、医疗云等市场,云计算开源产业联盟已形成,云服务可为各类企业节约信息化成本 40% 左右,目前安全保障逐渐完善,运行环境也不断优化。再次,数字平台支持多方交换形成双边和多边市场,平台化运营成为数字经济的主流商业模式,电商平台、共享服务平台、社交网络平台、产业平台正逐步放大互联网的乘数效应。同时,高速、泛在、安全、移动的信息通信技术基础设施提供了数字技术广泛应用的“神经网络”,进入 5G 万物互联时代,更多实时与智能化需求将在全球虚拟网络时代得到满足。最后,移动设备智能端作为数字经济生态系统的“末梢神经”,未来超过 250 亿只联网智能设备终端同时在线,会拓展包括智能制造、共享经济、智慧民生服务等在内的数字经济发展广度与深度。

3. 数字经济生态系统的特征

(1) 复杂多样、动态平衡是系统常态

数字经济生态系统由于物种繁多、数量巨大,群落构成复杂多样,种间关系多变,系统结构多维等特征使其具有时空演化的复杂性。各种群和群落功能的多样性和互为因果性使数字经济生态系统保持着非线性动态变化。数字经济生态系统内种群作用的内生性和外界物理环境作用的外生性使生态系统的整体功能形成集聚效应,功能整合过程揭示了复杂的数字经济生态系统动态规律。系统的自组织、自维持、自调控、自由化功能,经过长期的进化适应,使其逐渐具有精确的平衡性,并形成一种稳态机制。

(2) 开放共享、自我修复维护系统运行

数字经济生态系统资源开放、互动共享提高系统的活跃度,增加系统的透明度和公平性。系统自动调控同种种群的密度、异种种群的数量以及种群与环境的相互适应关系。数字经济生态系统将顾客价值充分发挥,有效利用大众智慧实现价值共创与共赢,源源不断的数据流、技术流、信息流、能量流、物质流、人才流和资金流实现跨区域、跨行业、跨层级的交换和共享,使得数字经济生态系统朝着更高级螺旋上升。在开放、共享、整合、集聚的过程中,数字经济生态系统逐渐具备自我修复的特征。

(3) 竞争合作、共生演化为核心特征

数字经济生态系统以竞争合作、共生演化为核心特征,中枢企业物种、各种数字种群、异质性数字价值群落构成了开放的数字经济生态系统的多样性和层次性。和谐、运动、有序使各物种、种群或群落

在各自系统结构和系统功能上竞争合作,在共生演化过程中,数字经济生态系统从无序向有序、从耦合到协同,最终保持着鲜活的生命力形成立体化、融合化的发展状态。

4. 数字经济生态系统运行机制

数字经济生态系统内部的中枢企业种群、卫星数字种群和核心价值群落交互扮演着生产者、消费者和分解者角色,三者的有机配合促成良性高效的物质循环、信息传递和能量流动。作为开放的动态系统,数字经济生态系统与数字生态环境之间紧密联系,通过能量的摄入、分解、再生产,将循环代谢中产生的熵排出。这种相互联系的各种群、群落、子系统的行为就是熵交换,生产者群落、消费者群落、分解者群落相互依存、互相作用进行价值共创(图1)。

在数字经济生态系统中,顾客参与价值创造,与中枢企业种群共同成为生产者。数字经济生产活动包括传统信息通讯技术硬件软件生产、营运服务及基础设施建设,也涵盖数字内容生产和电子商务活动在内的信息通讯技术应用活动等。作为一级消费者群落的核心,卫星企业及顾客享用交易、社交、娱乐和购买相关的初级生产成果;顾客消费过程中产生的交易数据、基本信息和行为数据可以提供给二级消费者,这可看作是数字经济生态系统中的次级生产,其所产生的物质和能量可继续进行新陈代谢,

分解者对这些非结构化数据分析和整理,为生产者中枢企业提供经营管理的决策依据或精准营销策略,进而分化和再循环,推动数字经济生态系统的价值增值。分解者群落也是数字经济生态系统关键组成,推进系统循环发展。另外,制度创新、技术创新、模式创新等外在环境的优化,为数字经济生态系统提供了有益的无机环境,随着外界“太阳能量”如投资者、政府及其他平台用户等的摄入,物种不断增加,生产者群落、消费者群落和分解者群落逐步丰富完善,生态系统自身也不断成长、壮大、强健、优越。在动态开放的整体环境和运行土壤中,数字经济各群落间形成了双向闭环、协同共生的良性循环生态系统。

(1) 数字经济生态系统种群成长的特性

数字经济生态系统中各类种群或群落的进化也兼具生物进化共性和自身进化特性。数字经济生态系统中的企业在一定的时间和空间内占据着生存和发展的特定资源,具有鲜明的生命特征,同时又与赖以生存的政治、经济、文化、科技等环境相互作用和影响,形成了企业生态系统^[28]。数字经济生态系统中,各类企业之间也呈现竞争、捕食、互利、偏利、偏害、共生等关系。然而,随着数字经济的发展,竞合共生成为总体进化趋势。数字经济生态系统以中枢企业为核心,形成卫星式生态系统结构。其中,中枢企业种群和各类数字种群专注于商业模式创新和技

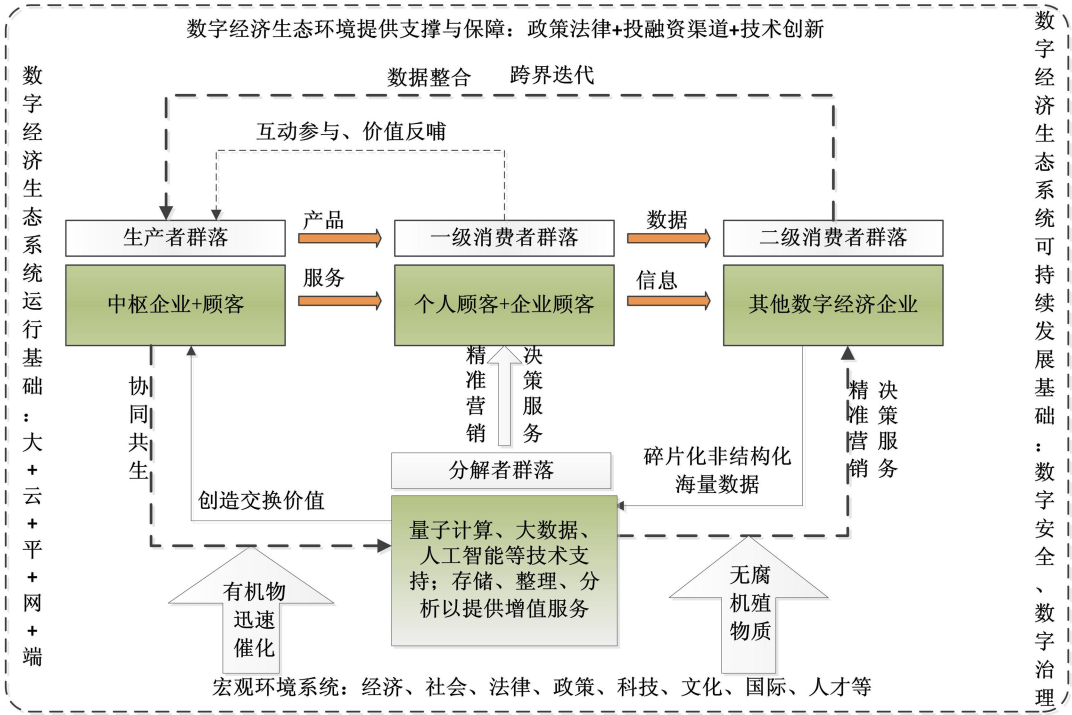


图1 数字经济生态系统运行机制

术创新,均符合 Logistic 模型的成长规律^[29]:

$$\frac{dx(t)}{dt}=rx\left(1-\frac{x}{K}\right) \tag{1}$$

式中: $x(t)$ 代表种群大小,随时间变化而增长; r 为种群的内禀增长率,是种群在没有外部限制条件下的最大增长速率,可理解为种群内自然出生率与死亡率之差,反应物种的内在特性; K 为数字经济生态环境中,种群的最大容量,系统中的物种、种群或群落最初呈指数增长,种群密度亦不断增加,随着生长发育容量逐渐饱和,增速随之放缓,最终达到稳定的上限。数字经济生态系统中的种群成长呈现出 Logistic 曲线增长模式(图 2)。

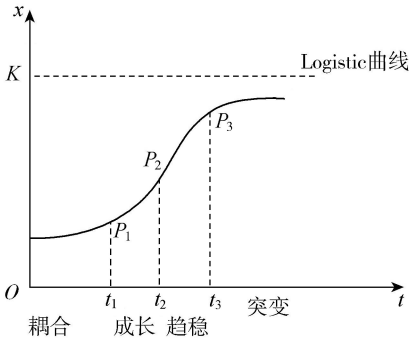


图 2 数字经济生态系统中企业种群 Logistic 成长轨迹曲线

(2) 数字经济生态系统的 Lotka-Volterra 模型构建

Lotka-Volterra 模型在单一物种 Logistic 模型基础上,考虑了两个或多个主体同时存在于生态系统中的动态竞合共栖增长态势^[30],可以准确描述中枢企业与数字种群间的卫星式竞合共生关系,并能确定核心种群在整个生态系统进化过程中的影响作用^[31],Lotka-Volterra 模型具有较好的数据拟合和预测性能^[32]。数字经济生态系统核心种群及群落因价值共创的驱动,以互为主体、整体多利、柔性灵活和效率协同形成共生关系^[33],并共同向更强生命力方向演化;中枢企业与其他数字企业之间的共生关系反映了双方之间物质、能量和信息的关系;数字经济生态系统遵循竞合共生的信仰和微观顾客至上的原则,使所有技术具有穿透性,最终将有边界的组织整合为协同合作、数字赋能的有机生态系统。

双种群或多种群增长 Lotka-Volterra 模型是微分动力学系统,用以模拟数字经济生态系统内中枢企业与其他数字企业种群的动态关系,中枢核心数字企业种群与卫星式数字企业种群的关系如下:

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt}=r_1\left[1-\frac{x_1(t)}{K_1}+\alpha_{21}\frac{x_2(t)}{K_2}\right]x_1(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt}=r_2\left[1-\frac{x_2(t)}{K_2}+\alpha_{12}\frac{x_1(t)}{K_1}\right]x_2(t) \end{cases} \tag{2}$$

式中: $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 分别表示中枢企业种群和卫星式数字企业种群随着时间变化的产出; $\alpha_y(i\neq j)$ 的符号和绝对值代表数字经济生态系统中的中枢企业种群对于其他数字企业种群影响的性质和强度, α_{12} 和 α_{21} 代表中枢企业种群与其他数字企业种群竞合与共生关系产生作用结果的系数, α_{12} 代表中枢企业对其其他数字企业的最大贡献率也是影响系数, α_{21} 代表其他数字企业对中枢企业的最大贡献率, α_{12} 和 α_{21} 不同取值,表示数字经济生态系统中卫星式中枢企业种群与其他数字企业之间的不同共生演化模式。

依据 α 数值,Modis 可以判断物种之间的相互作用类型^[34]。通过数字经济生态系统内中枢企业种群与其他数字种群的共生作用系数对两者的共生关系做以下理论判断:

①当 $\alpha_{12}=0$ 且 $\alpha_{21}=0$ 时,表示中枢企业与其他数字企业相互独立、各自发展、互不影响,此时 Lotka-Volterra 模型表达不存在共生关系。

②当 $\alpha_{12}<0$ 且 $\alpha_{21}<0$ 时,表示双方相互竞争,一方壮大的同时另一方衰败,两者不存在共生关系。

③当 $\alpha_{12}>0, \alpha_{21}<0$ 或 $\alpha_{12}<0, \alpha_{21}>0$ 时,代表数字经济生态系统内中枢企业与其他数字企业在共生演化过程中是一方依附于另一方,表现出不断从对方索取能量来保持自身存货的寄生模式。

④当 $\alpha_{12}=0, \alpha_{21}>0$ 或 $\alpha_{12}>0, \alpha_{21}=0$ 时,代表中枢企业种群和其他数字企业种群在演化过程中双方都获得了额外的优质资源,但是其中一方的共生系数为零,说明其并没有获得额外资源,但也没有遭受损失,此时中枢企业与其他数字企业种群处于偏利共生模式。

⑤当 $\alpha_{12}>0$ 且 $\alpha_{21}>0$ 时,表示中枢企业种群与其他数字企业种群处于互惠共生模式。如果 $\alpha_{12}\neq\alpha_{21}>0$,则代表双方的共生关系为非对称互惠共生;当 $\alpha_{12}=\alpha_{21}>0$,说明在共生演化过程中中枢企业与其他数字企业种群获得了均等的利益,能量实现等量交换,形成对称互惠共生关系。

竞争是数字经济生态系统内中枢企业种群和其他卫星数字企业种群共享相同资源,并受到相互干扰或抑制而发生的相互影响。在市场活动中,竞争可以发生在利用共同资源的种间,在数字经济生态

系统中共生并不排斥竞争,处于完全或部分相同生存空间的企业,需在要素市场上进行技术、人才、市场和资本的争夺,进而分离、扩展、联盟生态位,占有更有利的生存位置,抑或通过生态位 $K-r$ 策略增强自身核心竞争力并通过大量繁殖,形成新的后代来适应数字生态系统环境。然而,当数字经济生态系统中的一方依靠另一核心或优势种群获取资源和生存空间,就形成了寄生关系。在寄生关系下,共生主体存在单向的利益交流,因单向非对称的交流使这种状态并不广泛,因此系统会逐渐朝着有利于双方互相依存和共同获利的共生方向发展。数字经济生态内,作为核心共生单元,中枢企业种群与卫星式数字企业种群通常会以偏利共生模式、竞争共生模式或互惠共生模式存在。

(3)数字经济生态系统卫星式共生关系的稳定性分析

数字经济生态系统中枢企业种群和卫星式数字企业种群的演化均衡点和稳定状态也不同,达到均衡点代表双方产出达到最大并保持稳定。

$$\text{令} \quad \frac{dx_1(t)}{dt} = 0 \quad \frac{dx_2(t)}{dt} = 0$$

$$\text{即:} \quad \begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = r_1 \left[1 - \frac{x_1(t)}{K_1} + \alpha_{21} \frac{x_2(t)}{K_2} \right] x_1(t), & x_1(0) = x_{10} \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = r_2 \left[1 - \frac{x_2(t)}{K_2} + \alpha_{12} \frac{x_1(t)}{K_1} \right] x_2(t), & x_2(0) = x_{20} \end{cases} \quad (3)$$

通过求解得出 4 个均衡点: $E_1(0,0), E_2(K_1, 0), E_3(0,K_2), E_4\left[\frac{K_1(1+\alpha_{21})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}, \frac{K_2(1+\alpha_{12})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}\right]$ 。

通过 Jacobian 矩阵求解数字经济生态系统内中枢企业与卫星式数字企业共生演化模型的均衡点。获得 Jacobian 矩阵的行列式 $Det(J)$ 和迹 $Tr(J)$,当 $Det(J)>0$ 且 $Tr(J)<0$ 时,局部均衡点为稳定的状态,否则不是稳定的均衡点。以下是关于 Jacobian 矩阵行列式和迹的比较分析(表 1),在此基础上,获取数字经济生态系统共生演化模型的稳定均衡点和稳定性条件。假设 $r_1>0, r_2>0$,根据 α_{12} 和 α_{21} 不同取值可以确定行列式 $Det(J)$ 和迹 $Tr(J)$,得出局部均衡点为稳定均衡点的条件。

通过对比得出,不同取值下的共生演化模式对应不同的稳定均衡点,但是偏利、非对称性互惠和对称性互惠共生的均衡点均为相同点 $E_4\left[\frac{K_1(1+\alpha_{21})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}, \frac{K_2(1+\alpha_{12})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}\right]$,寄生的均衡点可能为

$E_2、E_3、E_4$ (表 2)。数字经济生态系统内中枢企业种群与其他数字企业种群的共生演化均衡点与共生模式相关,受中枢企业和卫星数字企业的相互竞合系数大小、各自种群的最大容量影响。

表 1 数字经济生态系统共生演化均衡点及稳定性条件

均衡点	$Det(J)$	$Tr(J)$	稳定性条件
$E_1(0,0)$	r_1r_2	r_1+r_2	不稳定
$E_2(K_1,0)$	$-r_1r_2(1+\alpha_{12})$	$-r_1+r_2(1+\alpha_{12})$	$\alpha_{12}<-1$
$E_3(0,K_2)$	$-r_1r_2(1+\alpha_{21})$	$-r_1+r_2(1+\alpha_{21})$	$\alpha_{21}<0$
$E_4\left[\frac{K_1(1+\alpha_{21})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}, \frac{K_2(1+\alpha_{12})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}\right]$	$\frac{r_1r_2(1-\alpha_{21})(1-\alpha_{12})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}$	$\frac{r_1(1-\alpha_{21})+r_2(1-\alpha_{12})}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}$	$\alpha_{12}<1, \alpha_{21}<1$

表 2 数字经济生态系统共生演化模式及均衡点

取值组合	中枢企业种群与卫星式数字企业种群之间共生演化模式	稳定均衡点
$\alpha_{12}\alpha_{21}<0$	寄生关系	$E_2、E_3、E_4$
$\alpha_{12}=0, \alpha_{21}<0$ 或 $\alpha_{12}<0, \alpha_{21}=0$	偏利共生关系	E_4
$\alpha_{12}>0, \alpha_{21}>0, \alpha_{12}\neq\alpha_{21}$	非对称性互惠共生关系	E_4
$\alpha_{12}>0, \alpha_{21}>0$ 且 $\alpha_{12}=\alpha_{21}$	对称性互惠共生关系	E_4

三、数字经济生态系统的演化发展

1. 数字经济生态系统的演化目标

随着技术进步、各产业融合、各类要素集聚以及制度的变迁和创新,数字经济生态系统逐渐达到平衡和稳定。通过构建良性循环体系,增强数字经济生态系统中物种、种群、群落以及子系统的协同共生,以更加多元和灵活的方式实现价值共创共享,达到互惠共生的稳定状态,并实现可持续发展是数字经济生态系统动态演化的最终目标。

2. 数字经济生态系统的演化动力

数字科技的发展、迭代与运用推动了数字经济生态系统中各类物种、种群、群落以及子系统形成协同演化。多个相互依赖、单一物种和种群相互交织、相互适应,逐渐形成共生、共栖或竞争的关系。数字经济生态系统的演化动力包括外生牵引力和内生驱动力。市场异质性的需求迅速扩容、数字技术的渐进式和突破式创新以及数字经济生态环境的改善是系统演化的主要外在牵引力。数字经济企业把积极探索顾客的新需求作为持续发展的目标,来源于数字经济生态系统内部单个物种企业的自生长;物种间种群间的协同交互以及整个生态系统的价值共

创、价值共享和价值共取成为其螺旋上升和循环演化的内在驱动力,其既要增强系统的活力也要具有一定的创新力,才会促进数字经济生态系统动态有序地进化升级(图3)。

3. 数字经济生态系统的演化过程

数字经济生态系统的中枢企业通过迭代思维进行产品和服务创新,产业价值链在数字科技的推动下进行重构,组织协同创新与共享网络的增值既满足了消费需求的异质性,又让生产活动专注于优势领域。数字经济时代企业组织形态呈现柔性化趋势,无边界的智慧型创新组织成为价值创造的核心主体。随着关键生产要素数据资源的利用与匹配效率的提高,不同空间、维度、产业的数字物种聚类成

异质性数字种群,在生产和消费方式的变革下新技术、新模式、新业态、新动能又会不断被培育孵化,如此循环往复形成一个组织无边界、众多产业融合、各类市场开放的创新驱动数字经济生态系统。在适度有效的制度激励下,数字技术快速创新、数字内容产业不断丰富、数字环境不断优化、数字治理逐步规范、全球数字市场不断拓展,数字经济生态系统逐步演化发展到高级阶段(图4)。

四、发展我国数字经济生态系统的主要策略

为最终形成各类资源高效集聚、生产消费多方参与、众多企业共生共赢的数字数字经济生态系统,提出以下主要发展策略。

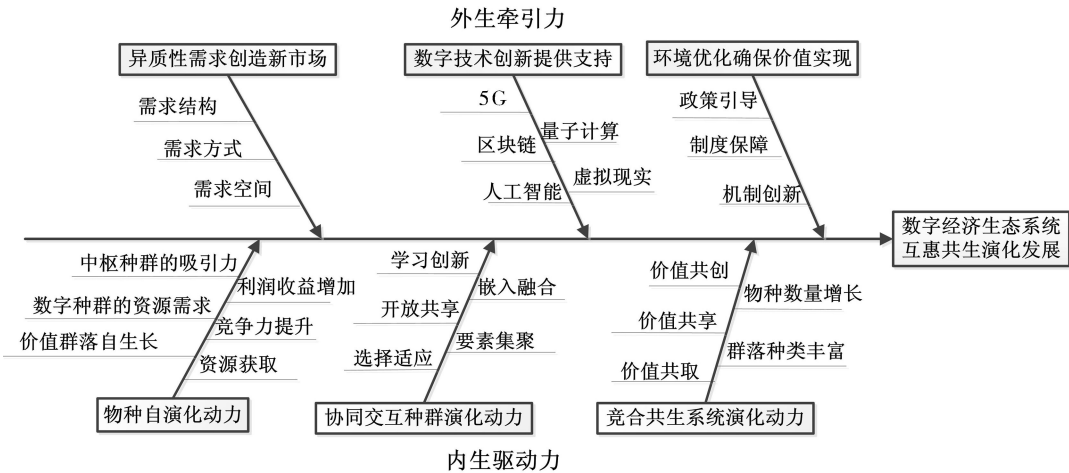


图3 数字经济生态系统演化动力鱼骨图

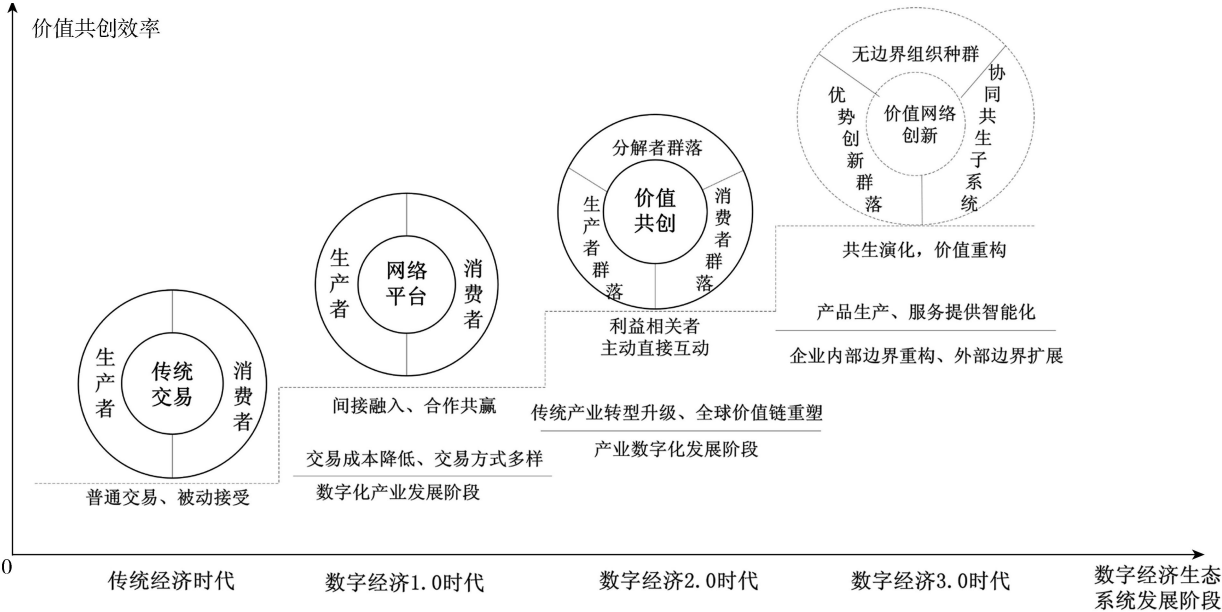


图4 数字经济生态系统演化发展过程

1. 优先发展数字经济主导产业,着力培育核心中枢企业

首先,优先发展以计算机、通信技术和其他电子设备制造、信息传输等为主的数字经济驱动产业;以电子商务活动和数字内容产业为主的信息通信技术应用产业。发挥产业数字化和数字产业化优势,将数字金融、数字贸易、数字娱乐、数字健康、数字教育、数字政务、数字交通、数字旅游等作为数字经济生态系统的优质价值群落进行培育。同时积极建设数字丝绸之路,将我国优势的消费互联和产业互联输出至“一带一路”沿线国家,进而拓展数字经济生态空间。其次,要着力培育像阿里巴巴、百度、腾讯、小米、海尔、华为类型的中枢企业,其与众多卫星数字企业构建资源共享、组织合作、创新加速的网络系统,形成卫星式协同共生。如,腾讯基于游戏文娱和社交网络等核心内容,拓展金融科技业务,布局互联网相关领域;基于微信生态开展社交电商,并集线上线下优势开拓大消费市场;利用人工智能拓展一系列智慧产业。其与相关文娱传媒、企业服务、消费生活及电商、医疗健康、金融科技、汽车交通、社交、教育、硬件设备、人工智能、旅游、大健康、物流、房产家居、机器人、VR/AR等卫星企业形成系统成员多样化、技术创新模块化、共享资源平台化的数字经济子系统。

2. 构建科学的数字人才培养体系,激励创新型复合数字人才

源于信息经济的数字经济,其发展基础是信息通信技术(ICT)。以ICT软件和硬件生产、运营服务、基础设施建设为主的数字经济驱动行业;以“互联网+”和“智慧+”为主要形式的电子商务产业;具有较强产业带动效应和高附加值的数字内容产业是三类重要数字人才需求领域。数字经济生态系统中最微观的数字基因单位就是数字经济人才,因此,应构建高校、科研院所、国家重点实验室、各类企业、培训组织多方协同育人的多层次数字人才培养体系。从数字技术研究开发、数字内容设计与运营、基层数字化实践操作等方面重点培养稀缺数字人才。同时,区域行业重视跨界复合型数字人才引进与激励;吸引高端数字人才跨国跨地区自由流动;鼓励数字人才在基础研发领域和前沿数字产业积极创新是提高我国数字竞争力的关键,也为我国数字经济可持续发展提供智力支持。

3. 营造适宜的数字经济生态环境,促进数字经济生态系统稳步健康运行

适宜的数字经济生态环境有益于培育具有较强核心竞争优势的中枢企业;有助于促进各类数字种群的增长,并深度嵌入进行价值共创;也有利于拓展众多价值群落的生存空间。互惠共生、协同演化是我国数字经济生态系统发展的目标与趋势,因此数字经济生态系统要具备成长性、稳定性和健康性。首先,发挥顶层设计作用,构建数字经济生态系统公平、公正、规范的政策制度环境。制定数字经济发展战略规划,落地各细分行业行动计划。建立数字经济相关标准体系,提供有效的制度供给,如制定相关产业扶持和投融资政策、改革相关财税制度、完善创新创业体制、健全人才引进与激励机制、改善营商环境等。其次,建立数字经济市场化应用机制,调动社会各方深入参与的积极性,构建各领域数字安全与数据共享规范制度,协同多部门进行全面数字治理,探索符合我国数字经济发展的监管模式,引导各类数字企业加强数字身份认证,规范运营共同促进数字经济文明发展。最后,应积极主动参与到全球数字治理中,加强数字安全保障和隐私保护,为数字经济生态系统有序良性发展提供适宜的内外外部环境。

4. 发挥数字经济生态系统的衍生叠加效应,提高竞合共生效率

数字经济生态系统具有自我孵化功能,应充分发挥其衍生叠加效应,系统可通过内源性分蘖和外源性衍生进行动态扩张和演化。内源性分蘖是指从母系统内部孕育子系统,进行持续扩张,例如淘宝与支付宝是关系性分蘖,而淘宝与蚂蚁金服、京东与小白信用属于数据性分蘖。外源性衍生是通过母系统战略投资或并购形成子系统,该子系统既与母系统形成互利互惠的共生关系,又增强整个数字经济生态系统的物种和群落的多样性。如阿里巴巴收购优酷土豆、大麦网等,这种外源性衍生助力阿里全方位多角度获得更多顾客信息,促进数字媒体发展和子系统与母系统和谐共生。系统衍生的海量物种、丰富的新生种群和众多价值群落,通过对先进、高端、关键技术开发和应用,不断加速产业融合赋能,最终提高整个数字经济生态系统的竞合共生效率。

参考文献:

[1] 中国数字经济发展与就业白皮书(2019)[R]. 北京:中

- 国信息通信研究院,2019.
- [2] 李晓华. 数字经济新特征与数字经济新动能的形成机制[J]. 改革,2019(11):40-51.
- [3] 袁正光. 数字革命:一场新的经济战——世界数字技术发展的趋势及我们的对策[J]. 自然辩证法研究,1994(4):1-7.
- [4] 唐·泰普斯科特. 数据时代的经济学:对网络智能时代机遇和风险的再思考[M]. 毕崇毅,译. 北京:机械工业出版社,2016.
- [5] 邵培仁,张健康. 关于跨越中国数字鸿沟的思考与对策[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2003(1):125-133.
- [6] 熊光清. 经济全球化进程中的国际数字鸿沟问题:现状、成因和影响[J]. 国际论坛,2009(5):32-36.
- [7] 尹翔硕,刘能华. 经济全球化进程中的数字鸿沟——基于跨国面板数据的分析[J]. 世界经济文汇,2008(2):84-96.
- [8] 赵越. 数字经济给我们的启示[J]. 经济问题探索,2002(2):48-51.
- [9] 迪莉娅. 我国数字内容产业集群研究[J]. 中国科技论坛,2011(6):48-53.
- [10] 闫世刚. 数字内容产业国际发展模式比较及借鉴[J]. 技术经济与管理研究,2011(1):104-107.
- [11] 何泉吟. 数字经济发展趋势及我国的战略抉择[J]. 现代经济探讨,2013(3):39-43.
- [12] 赵西三. 数字经济驱动中国制造转型升级研究[J]. 中州学刊,2017(12):36-41.
- [13] 曹正勇. 数字经济背景下促进我国工业高质量发展的新制造模式研究[J]. 理论探讨,2018(2):99-104.
- [14] 张鹏. 数字经济的本质及其发展逻辑[J]. 经济学家,2019(2):25-33.
- [15] 王思瑶. 数字经济的统计界定及行业分类研究[J]. 调研世界,2020(1):4-9.
- [16] 蔡跃洲. 数字经济的增加值及贡献度测算:历史沿革、理论基础与方法框架[J]. 求是学刊,2018(5):65-71.
- [17] 温珺,阎志军,程愚. 数字经济与区域创新能力的提升[J]. 经济问题探索,2019(11):112-124.
- [18] 马述忠,房超,梁银锋. 数字贸易及其时代价值与研究展望[J]. 国际贸易问题,2018(10):16-30.
- [19] 张勋,万广华,张佳佳,等. 数字经济、普惠金融与包容性增长[J]. 经济研究,2019(8):71-86.
- [20] 黄建伟,陈玲玲. 国内数字治理研究进展与未来展望[J]. 理论与改革,2019(1):86-95.
- [21] TANSLEY A G . The use and abuse of vegetational concepts and terms[J]. Ecology, 1935(16):284-307.
- [22] MOORE J. The death of competition: leadership and strategy in the Age of Business Ecosystems[M]. New York : Harper Business,1996
- [23] IANSITI M, LEVIEN R. The keystone advantage: what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability [J]. Future Survey,2004(2):88-90.
- [24] 韩进,王彦敏,涂艳红. 战略管理情境下的生态系统:一个动态过程整合模型[J]. 科技进步与对策,2019(12):1-9.
- [25] RITALA P. Value creation and capture mechanisms in innovation ecosystems: a comparative case study [J]. International Journal of Technology Management, 2013, 63(3-4):244-267.
- [26] 二十国集团杭州峰会. 二十国集团数字经济发展与合作倡议[Z/OL]. (2016-09-20). http://www.g20chn.org/hywj/dncgwj/201609/t20160920_3474.html.
- [27] ODUM H T. System ecology:an introduction[M]. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- [28] JAMES F M. Business ecosystems and the view from the firm[J]. The Antitrust Bulletin,2006(51):31-75.
- [29] 谢桂生,阮平南,刘云. 基于独立性的组织种群共生演化稳定性比较研究[J]. 数学的实践与认识,2016,46(8):166-174.
- [30] VOLTERRA V. Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically [J]. Nature, 1926(118):558-560.
- [31] ZHANG G L, DANIEL A, McADAMS V. Technology evolution prediction using Lotka-Volterra Equations [J]. Journal of Mechanical Design,2018,140(6):61-101.
- [32] 解玉龙,李艳玲. 一类互惠模型正解的存在性[J]. 西北师范大学学报(自然科学版),2007(6):6-10.
- [33] ZHANG G, McADAMS D A, SHANKAR V, et al. Modeling the evolution of system technology performance when component and system technology performances interact: commensalism and mentalism[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017(125):116-124.
- [34] MODIS T. Technological forecasting at the stock market [J]. Technological Forecasting and Social Change, 1999(62):173-202.

(责任编辑:高虹)