文章编号:1003 - 2053(2026)04 - 0757 - 13

数字平台生态系统多主体战略交互演化研究

周冬梅[1],江月梅[2],周 阳[3],鲁若愚[1]

(1. 电子科技大学经济与管理学院,四川成都 611731; 2. 电子科技大学计算机学院,四川成都 611731;
3. 安徽财经大学财政与公共管理学院,安徽蚌埠 233030)

摘 要:在数字平台生态系统中,平台所有者通过资源分配战略激励互补者参与价值创造,而互补者则通过采取定制化或多宿主战略以争取资源并实现自主发展。双方战略的共同目标在于扩大用户规模、激活网络效应,从而推动生态系统的整体繁荣。在这一过程中,多方战略通过资源分配的动态链接而不断交互,构成了一个持续演化的复杂系统。基于上述认识,本研究融合资源基础观与演化博弈理论,构建了平台所有者、互补者与用户三方参与的动态博弈模型,系统阐释了多主体之间的互联依赖关系及其共生博弈行为。通过仿真实验与三维动力系统分析,研究验证了系统平衡点及其稳定性,揭示了不同阶段下主体间战略交互的演化路径与内在机理。最终,本研究将平台治理视角从单一主体拓展至多主体战略互动,实现了从内部均衡模型向外部平衡模型的转变,深化了对平台生态系统治理逻辑的理解,在丰富平台治理理论的同时,也为实践提供了有益指导。

关键词:数字平台生态系统;资源分配;多主体;战略交互;动态演化

中图分类号:F270 **文献标识码**:A

数字平台生态系统的成功依赖于互补者提供的产品,这些产品能够满足用户多样化的需求,从而构建出可延展的价值体系[1,2]。平台运行基于平台所有者、互补者和用户之间复杂的三角关系,形成了一个动态的生态网络[3-5]:平台所有者通过开放平台接口和资源,授权互补者接入平台,促进互补者与用户之间的交互和价值创造[3]。互补者通过持续创新以精准匹配用户需求,提升用户购买意愿,增强平台的核心价值和生成性。由此,平台所有者与互补者构成战略联盟:前者负责生态层面的战略决策,后者负责应用层面的策略选择。二者的协同匹配对于提升用户收益、促进平台生态的生成性至关重要[6]。如果缺乏有效的战略联盟,平台生态的动态性难以转化为用户价值,进而削弱平台的长期竞争力。

当数字平台生态系统中战略交互面对资源分配时,问题变得更加复杂:资源分配不再是单一主体的治理工具,而是需要协调多方利益的战略行为。数字平台层面的资源分配不仅包括平台内部资源协调,还包括平台所有者如何开放边界,与互补者等外部合作主体实现资源的动态整合[8]。这种资源协作模式使资源边界更加开放、流动,超越了传统以企业为中心的资源管理逻辑[7],更强调生态系统视角下的资源外部化逻辑,即平台的成功不仅依赖于内部资源整合,还需借助互补资产的捆绑和协作[9,10]。因此,资源分配需要从平台所有者与外部合作主体之间的相互依赖关系来理解:平台所有者常通过资源分配机制调控互补者和用户的行动,以实现生态系统治理[11-13]。由此可见,资源分配既是实现平台战略目标的关键手段,也是平衡生态系统内多方利益的核心途径。

在资源分配过程中,平台所有者的核心挑战在于:如何通过资源分配激励互补者参与价值创造,同时平衡平台核心价值强化(维持平台权力)与互补者创新激励(保持生成性)之间的关系[14]。一方面,平台倾向于优先支持能供高度定制化产品的互

收稿日期:2025 - 07 - 22;**修回日期**:2026 - 01 - 07

基金项目:国家自然科学基金面上项目(72272023);国家自然科学基金重大项目(72091311);教育部人文社会科学研究青年基金项目(24YJC630320)

作者简介:周冬梅(1980 -),女,副教授,博士,E - mail: zhoudm@ uestc. edu. cn。江月梅(1999 -),女,博士研究生。周阳(1995 -),男,讲师,博士。鲁若愚(1959 -),男,教授、博士生导师。

补者,因其产品与平台深度耦合,有助于巩固平台核心竞争力和差异化优势,避免资源外流向竞争平台。另一方面,互补者倾向于采用多宿主战略,因为采取这种战略可以降低对单一平台的依赖,扩大规模优势、增强其生存能力,但这也可能削弱平台的资源倾斜,影响其资源分配决策。而双方战略的共同目标都在于通过扩大用户基数来激活直接和间接网络效应,促进产品购买并推动生态系统的整体繁荣[15]。因此,数字生态中的资源分配本质上是多方主体间的战略交互过程。基于此假设,本研究基于资源基础与演化博弈理论构建动态模型,聚焦平台所有者、互补者及用户三方间的战略互动,揭示其协同实现利益最大化的机制,从而将平台治理研究从单一主体拓展至多主体交互层面,丰富了平台治理理论。

1 问题描述与有关定义

1.1 问题描述

平台所有者的资源分配战略直接决定平台的生成性和核心价值的实现方式。其分配过程遵循一条强化规则:优先投资那些具备自主成长能力、能带动平台增长的互补者。这类互补者内生创新能力强,能高效扩大用户规模,所需平台投入较少[16,17]。然而,平台在面对不同战略的互补者时往往犹豫:部分互补者虽在短期内用户增长缓慢、依赖平台大量投入,但它们能与平台建立强绑定关系,不断能强化平台核心价值主张,维护平台控制权。相比之下,另外部分互补者因具备自主成长能力,能以较少投入为平台带来大量新用户,资源向其倾斜通常更具效率[18,19]。然而对它们过分倾斜资源可能导致其反向侵占平台价值甚至替代平台。由此,平台需进行双重权衡:先确定资源分配的方向,再决定投入不同类型互补者的资源量,以实现价值的部分或完全获取。例如,某短视频平台一方面大力扶持能自主吸引用户的头部创作者(多宿主战略互补者),以快速扩大规模;另一方面也为与平台生态深度绑定的垂直领域中小创作者(定制战略互补者)提供专项支持,以巩固内容特色与核心价值。

基于平台资源分配规则,互补者的战略制定实际上是其选择产品创新和启用网络效应的方式[20]。采用定制战略时,互补者需集中资源,提供与平台高度耦合、创新价值高的产品,以强化生态系统的核心价值[21],从而获得平台更多的技术与资源支持,提升竞争力。然而,采用定制战略会限制其通过多宿主实现范围经济,并容易受平台所有者权力绑定。互补者采用多宿主战略最直接的优势来自跨平台的规模经济[22],扩大了用户基础以降低产品边际成本,进而通过价格优势提升用户购买意愿,并增强对平台所有者的议价能力,减少被剥削风险。但多宿主会带来高额的学习和适应成本[19],且因为自身核心资源的分散,最终可能会降低他们的产品创新价值[23]。

平台所有者与互补者的上述战略互动,共同驱动了平台价值的提升。这一过程始于用户规模的扩大,并由此形成一个自我强化的动态循环:平台通过引入互补者竞争来满足用户需求[20],从而提升互补产品质量并增强网络效应。一方面,庞大的用户基础能积极推动用户采纳[24],因为互补产品的价值随用户规模增大而增长。另一方面,互补产品的多样性提高了用户找到匹配自身需求产品的可能性[25],进而促进购买行为。平台用户基数是购买行为的基础,但并非所有用户都会购买,实际购买取决于用户对产品价值的感知。这也意味着用户在选择产品时,关注的是平台或互补者提供的独立价值。因此,扩大用户基数并促进购买,成为平台所有者和互补者的共同目标。

综上所述,平台所有者、互补者与用户间的战略互动构成一个动态演化过程[26,27]:平台所有者通过资源分配来决定如何支持不同战略的互补者,以提升平台价值;互补者则采用对应的战略回应来争取自主地位并实现成长;用户则基于产品用户收益和成本进行购买选择。资源分配在平台生态中不断链接、更新与扩展,使多方战略同步交互,如图 1 所示。本研究基于演化博弈理论[28],构建了动态过程模型来揭示数字平台生态系统中多主体间的互联与依赖关系,阐释其共生博弈行为。

1.2 参数说明

研究界定了模型的基本假设,并根据三方决策的核心考量,将相关指标符号及含义汇总于表 1。

(1)参与主体有限理性假设:本研究假设数字平台生态系统中平台、互补者与用户等主体均为有限理性决策人,基于利益最大化原则做出决策。同时,本研究所讨论的三方主体博弈场景中形式上的博弈主体是个体,但实质的主体是三个群体而非个体。

(2)平台资源分配战略:平台的资源分配战略可分为均衡与倾斜两种。均衡战略将资源无差别开

放给所有互补者;而倾斜战略则根据互补者对平台的贡献度进行差异化资源投入。假设平台采取资源倾斜分配战略的概率为 $p(t)$,资源均衡分配战略的概率为 $q(t)$,那它们应满足:$p(t) + q(t) = 1$。

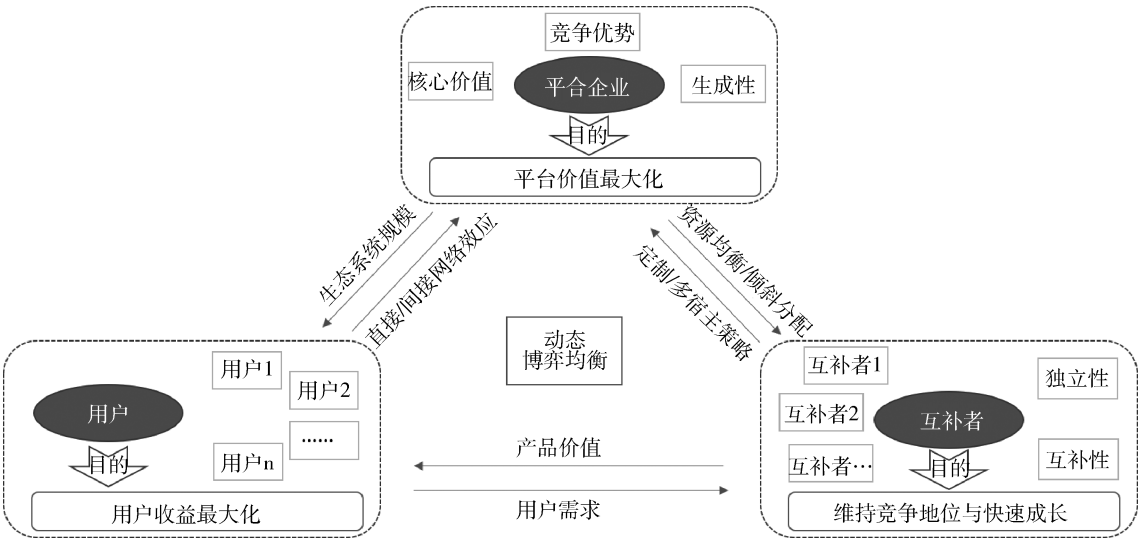


图 1　数字平台生态系统中多主体战略交互

Figure 1　Multi – agent strategic interactions in digital platform ecosystems

表 1　本研究符号及含义

Table 1　Notations and definitions in this study

指标	符号	含义
(互补者)额外收益	α	互补者凭借持续的竞争优势,所获得的高于行业平均水平的超额收益[6,18,23,24]
(互补者)正常收益	β	互补者通过无差异化的常规竞争,所获得的能覆盖其机会成本的基准收益[13,14]
平台佣金	v	平台按预设比例从互补者交易流水中抽取的分成收益[13,14]
平台资源	γ	平台向互补者开放的技术、市场与数据资产等资源的总和[6,18,23,24]
用户收益	μ	用户在使用互补者提供的产品或服务中,所获得的功能性、体验性满足的总和[28]
用户成本	ω	用户为获得互补产品使用权和服务,所付出的直接代价与间接体验损耗的总和[12]

(3)互补者产品战略:互补者战略分为定制与多宿主两种。定制战略将全部资源与收益贡献于单一平台;多宿主战略则将资源与收益分散投入不同平台。假设互补者采取定制战略的概率为 $x(t)$,多宿主战略的概率为 $y(t)$,那它们应满足:$x(t) + y(t) = 1$。

(4)用户购买战略:在平台生态中,用户基于对互补产品的感知价值与支付成本的评估,做出购买与否的选择。假设用户采取购买战略的概率为:$g(t)$,不购买战略的概率为:$h(t)$,那它们应满足:$g(t) + h(t) = 1$。

2　三方主体演化博弈模型构建

为简化模型聚焦关键问题,本研究假设多宿主互补者额外收益、正常收益、所获资源及佣金均出自两个平台。基于“多宿主战略通过覆盖多平台用户可获取更高正常收益”的现实背景,本研究合理假设采用定制战略互补者的正常收益为多宿主战略互补者的 2/3。由于定制战略互补者专注于单一平台进行产品创新和价值优化,而多宿主互补者需实现跨平台兼容,导致其额外收益相对较低,本研究合理假设多宿主战略互补者的额外收益为定制战略互补者的 1/2。在平台采取资源倾斜战略的前提下,进一步假设平台为定制战略互补者分配比例为 2/3 的资源,且对其收取的平台佣金仅为多宿主战略互补者的 1/2。另外受跨平台竞争效应与平台间差异化减弱的影响,本研究假设多宿主互补者产品的最终价格通常低于定制战略产品的 1/4。基于以上假设,平台、互补者与用户的三方博弈战略组合及支付

矩阵如表 2 所示。

表 2 平台所有者 – 互补者 – 用户三方博弈支付矩阵

Table 2 Tripartite game payment matrix of platform owner – complementor – user

平台收益矩阵 互补者收益矩阵 用户收益矩阵		互补者定制战略 $x(t)$	互补者多宿主战略 $y(t)$
用户购买战略 $g(t)$	平台资源倾斜分配战略 $p(t)$	$\alpha+\frac{v}{2}+\beta-\frac{2\gamma}{3}$	$\frac{\alpha}{4}+v+\frac{3\beta}{4}-\frac{\gamma}{3}$
		$\alpha+\beta+\frac{2\gamma}{3}-\frac{\nu}{2}$	$\frac{\alpha}{2}+\frac{3\beta}{2}+\frac{2\gamma}{3}-2\nu$
		$\mu-\omega$	$\mu-\frac{3\omega}{4}$
	平台资源均衡分配战略 $q(t)$	$\alpha+\frac{v}{2}+\beta-\frac{\gamma}{2}$	$\frac{\alpha}{4}+v+\frac{3\beta}{4}-\frac{\gamma}{2}$
		$\alpha+\beta+\frac{\gamma}{2}-\frac{\nu}{2}$	$\frac{\alpha}{2}+\frac{3\beta}{2}+\gamma-2\nu$
		$\mu-\omega$	$\mu-\frac{3\omega}{4}$
用户不购买战略 $h(t)$	平台资源倾斜分配战略 $p(t)$	$\alpha+\frac{v}{2}-\frac{2\gamma}{3}$	$\frac{\alpha}{4}+v-\frac{\gamma}{3}$
		$\alpha+\frac{2\gamma}{3}-\frac{\nu}{2}$	$\frac{\alpha}{2}+\frac{2\gamma}{3}-2\nu$
		0	0
	平台资源均衡分配战略 $q(t)$	$\alpha+\frac{v}{2}-\frac{\gamma}{2}$	$\frac{\alpha}{4}+v-\frac{\gamma}{2}$
		$\alpha+\frac{\gamma}{2}-\frac{\nu}{2}$	$\frac{\alpha}{2}+\gamma-2\nu$
		0	0

2.1 各主体动态方程建立

根据表 2 中三方主体演化博弈战略选择及收益情况,平台资源倾斜分配战略 $p(t)$ 或均衡分配战略 $q(t)$ 的期望收益函数 Π_p , Π_q 及平均收益 $\overline{\Pi}_M$ 分别为:

$$\Pi_p=\frac{1}{12}(-6v(-2+x)+(3+9x)\alpha+9g\beta+3gx\beta-4\gamma-4x\gamma),$$

$$\Pi_q=\frac{1}{4}(-2v(-2+x)+\alpha+3x\alpha+3g\beta+gx\beta-2\gamma),$$

$$\overline{\Pi}_M=p(\Pi_p)+(1-p)(\Pi_q). \tag{1}$$

同理,互补者定制战略 $x(t)$ 或多宿主战略 $y(t)$ 的期望收益函数 Π_x , Π_y 及平均收益 $\overline{\Pi}_N$ 分别为:

$$\Pi_x=\frac{1}{6}(-3v+6\alpha+6g\beta+3\gamma+p\gamma),$$

$$\Pi_y=-2v+\frac{\alpha}{2}+\frac{3g\beta}{2}+\gamma-\frac{p\gamma}{3},$$

$$\overline{\Pi}_N=x(\Pi_x)+(1-x)(\Pi_y). \tag{2}$$

用户购买战略 $g(t)$ 或用户不购买战略 $h(t)$ 的期望收益函数 Π_g , Π_h 及平均收益 $\overline{\Pi}_W$ 分别为:

$$\Pi_g=\mu-\frac{1}{4}(3+x)\omega,$$

$$\Pi_h=0,$$

$$\overline{\Pi}_W=g(\Pi_g)+(1-g)(\Pi_h). \tag{3}$$

根据演化博弈理论[29],建立平台、互补者以及用户三方战略选择的动态方程,并组成三维动力系统如式(4)所示。

$$\begin{cases}\dot{p}=f_1(p,x,g)=p(\Pi_p-\overline{\Pi}_M)=\\ p(1-p)\left(\frac{\gamma}{6}-\frac{x\gamma}{3}\right),\\ \dot{x}=f_2(p,x,g)=x(\Pi_x-\overline{\Pi}_N)=\\ x(x-1)\left(\frac{1}{2}(3v+\alpha-g\beta-\gamma+p\gamma)\right),\\ \dot{g}=f_3(p,x,g)=g(\Pi_g-\overline{\Pi}_W)=\\ g(1-g)\left(\frac{1}{4}(4\mu-(3+x)\omega)\right).\end{cases} \tag{4}$$

2.2　各主体战略演化路径分析

对于一个微分动力系统,初始值 p_i,x_i,g_i 的变动对系统演化结果具有重要影响。基于平台、互补者与用户三方博弈所构建的动力系统(4),可用于分析其战略选择的动态过程及市场演化规律。根据演化稳定战略性质与微分方程稳定性定理[30],若系统处于某一战略的稳定状态,则其动态方程 $z(t) = F(z)$ 需满足:$F(z) = 0, F'(z) < 0$。为便于计算,根据式(4),令 $x_0^1 = \frac{1}{2}$,$p_0 = \frac{-3v - \alpha + \gamma + g\beta}{\gamma}$,$g_0 = \frac{3v + \alpha - \gamma + p\gamma}{\beta}$,$x_0^2 = \frac{4\mu}{\omega} - 3$ 可得阈值 x_0^1,p_0,g_0,x_0^2,得以下命题:

命题 1:对平台而言,当 $x_i = x_0^1$ 时,平台不会改变初始所选战略,当 $x_i > x_0^1$ 时,平台会选择资源均衡分配战略,当 $x_i < x_0^1$ 时,平台会选择资源倾斜分配战略。

证明:根据演化稳定战略的性质与微分方程的稳定性定理,由互补者的动态方程 $\dot{p}$ 可知,当 $x_i = x_0^1$ 时,对于所有 $p(p \in [0,1])$,存在 $p = 0$,当 $x_i \neq x_0^1$ 时,存在 $p = 0,1$ 为互补者的演化稳定战略。

由于 $p,x,g \in [0,1]$,为使 $\ddot{p} = (1 - 2p)\left(\frac{\gamma}{6} - \frac{x\gamma}{3}\right) < 0$,对 x_i 的不同情况进行分析,可得:

(1)当 $x_i > x_0^1$,此时存在 $p = 0$,使得 $\dot{p} = 0$,$\ddot{p} < 0$,即 $p = 0$ 为稳定演化战略。

(2)当 $x_i < x_0^1$,此时存在 $p = 1$,使得 $\dot{p} = 0$,$\ddot{p} < 0$,即 $p = 1$ 为稳定演化战略。

根据上述分析,绘制平台战略演化的复制相位图如图 2(a)所示。由图可知,当平台战略初始状态在空间 V_1 时,$x_i > x_0^1$,$p = 0$ 为演化战略平衡点,此时平台选择资源均衡分配战略;$x_i < x_0^1$,$p = 1$ 为演化战略平衡点,此时平台选择资源倾斜分配战略。

命题 2:对互补者而言,当 $p_i = p_0$,其中 $p_0 = \frac{-3v - \alpha + \gamma + g\beta}{\gamma}$ 时,互补者不会改变初始所选战略,当 $p_i > p_0$ 时,互补者会选择定制战略,当 $p_i < p_0$ 时,互补者会选择多宿主战略。当 $g_i = g_0$,其中 $g_0 = \frac{3v + \alpha - \gamma + p\gamma}{\beta}$ 时,互补者不会改变初始所选战略,当 $g_i > g_0$ 时,互补者会选择多宿主战略,当 $g_i < g_0$ 时,互补者会选择定制战略。

证明:同命题 1,由用户的动态方程 $\dot{x}$ 可知,当 $p_i = p_0$ 时,对于所有 $x(x \in [0,1])$,存在 $x = 0$,当 $p_i \neq p_0$ 时,存在 $x = 0,1$ 为互补者的演化稳定战略。当 $g_i = g_0$ 时,对于所有 $x(x \in [0,1])$,存在 $x = 0$,当 $g_i \neq g_0$ 时,存在 $x = 0,1$ 为互补者的演化稳定战略。

由于 $p,x,g \in [0,1]$,为使 $\ddot{x} = (1 - 2x)\left(\frac{1}{2}(3v + \alpha - g\beta - \gamma + p\gamma)\right) < 0$,对 p_i 和 g_i 的不同情况进行分析,可得:

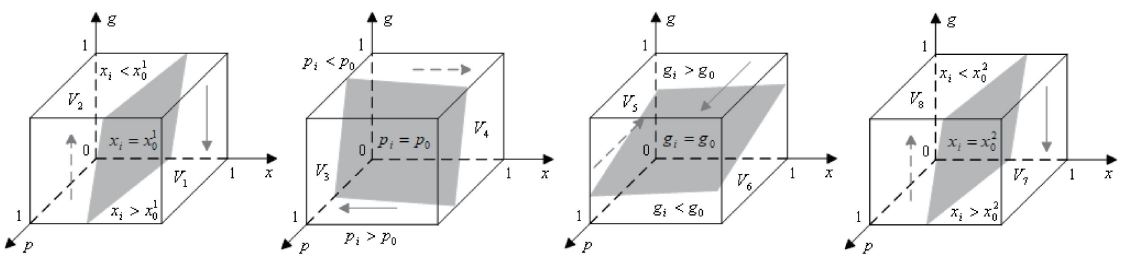
(1)当 $p_i > p_0$ 时,此时存在 $x = 1$,使得 $\dot{x} = 0$,$\ddot{x} < 0$,即 $x = 1$ 为稳定演化战略。

(2)当 $p_i < p_0$ 时,此时存在 $x = 0$,使得 $\dot{x} = 0$,$\ddot{x} < 0$,即 $x = 0$ 为稳定演化战略。

(3)当 $g_i > g_0$ 时,此时存在 $x = 0$,使得 $\dot{x} = 0$,$\ddot{x} < 0$,即 $x = 0$ 为稳定演化战略。

(4)当 $g_i < g_0$ 时,此时存在 $x = 1$,使得 $\dot{x} = 0$,$\ddot{x} < 0$,即 $x = 1$ 为稳定演化战略。

根据上述分析,绘制互补者战略演化的复制相位图如图 2(b、c)所示。由图 2(b)可知,当平台战略初始状态在空间 V_3 时,$p_i > p_0$,$x = 1$ 为演化战略平衡点,此时互补者选择定制战略;$p_i < p_0$,$x = 0$ 为演化战略平衡点,此时互补者选择多宿主战略。由图 2(c)可知,当平台战略初始状态在空间 V_5 时,$g_i > g_0$,$x = 0$ 为演化战略平衡点,此时互补者选择多宿主战略;$g_i < g_0$,$x = 1$ 为演化战略平衡点,此时互补者选择定制战略。



(a) 平台战略演化过程　　(b)(c) 互补者战略演化过程　　(d) 用户战略演化过程

图 2　"平台 – 互补者 – 用户"战略演化相位图

Figure 2　Phase diagram of "platform owner – complementor – user" strategic evolution

对相关参数进行分析可得，γ，β 与 p_0 呈正相关，当 γ，β 减少时，截面后移，V_3 面积减少，V_4 面积增大，说明当正常收益和平台资源投入减少时，会提高互补者采取多宿主战略的概率。即互补者通过扩大产品覆盖面，从不同平台处获取更多资源，并通过跨平台的用户规模效应，以此来提高其自身的收益。同理，ν 与 p_0 呈负相关，当 ν 减少时，截面前移，V_3 面积增大，V_4 面积减少，说明当互补者向平台支付的佣金减少时，会提高互补者采取定制战略的概率，即互补者通过更低的佣金直接提升了其在单一平台经营的净收益。

命题 3：对于用户而言，当 $x_i = x_0^2$，其中 $x_0^2 = \frac{4\mu}{\omega} - 3$ 时，用户不会改变初始所选战略。当 $x_i > x_0$ 时，用户会选择购买战略，当 $x_i < x_0$ 时，用户会选择不购买战略。

证明：同命题 1 和 2，由式(4)用户的动态方程 $\dot{g}$ 可知，当 $x_i = x_0^2$ 时，对于所有 $g(g \in [0,1])$，存在 $g = 0$，当 $x_i \neq x_0^2$ 时，存在 $g = 0,1$ 为用户的演化稳定战略。

由于 $p,x,g \in [0,1]$，为使 $\ddot{g} = (1 - 2g)\left(\frac{1}{4}(4\mu - (3 + x)\omega)\right) < 0$，对 x_i 的不同情况进行分析，可得：

(1) $x_i > x_0^2$ 时，此时存在 $g = 0$，使得 $\dot{g} = 0$ 且 $\ddot{g} < 0$，即 $g = 0$ 为稳定演化战略。

(2)当 $x_i < x_0^2$ 时，此时存在 $g = 1$，使得 $\dot{g} = 0$ 且 $\ddot{g} < 0$，即 $g = 1$ 为稳定演化战略。

根据上述分析，绘制用户战略演化的复制相位图如图 2(d)所示。由图可知，当用户战略初始状态在空间 V_7 时，$x_i > x_0^2$，$g = 0$ 为演化战略平衡点，此时用户选择不购买战略；$x_i < x_0^2$，$g = 1$ 为演化战略平衡点，此时用户选择购买战略。

对相关参数进行分析可得，μ 与 x_0^2 呈正相关，当 μ 增大时，截面右移，V_8 面积增大，V_7 面积减少，说明当用户购买互补产品所获得的用户收益增加时，会促使用户采取购买战略的概率。同理，ω 与 x_0^2 呈负相关，当 ω 增加时，截面左移，V_7 面积减少，V_8 面积增大，说明当用户购买互补产品需要支付的成本增加时，会促使用户采取不购买战略的概率。

2.3 系统平衡点及稳定性分析

命题 4：系统(4)有 8 个纯策略边界平衡点：$E_1(0,0,0)$，$E_2(0,1,0)$，$E_3(0,0,1)$，$E_4(1,0,0)$，$E_5(0,1,1)$，$E_6(1,1,0)$，$E_7(1,0,1)$，$E_8(1,1,1)$。如果 $\omega = \frac{8\mu}{7}$ 则还存在一个内部平衡点。

证明：根据动力系统均衡性质，系统平衡点需满足 $F(z) = 0$，因此，令 $\dot{p} = \dot{x} = \dot{g} = 0$，显然 $E_1(0,0,0)$，$E_2(0,1,0)$，$E_3(0,0,1)$，$E_4(1,0,0)$，$E_5(0,1,1)$，$E_6(1,1,0)$，$E_7(1,0,1)$，$E_8(1,1,1)$ 是系统的平衡点。

而通过求解三维动力系统(4)，可得 $p = p^*$，$x = \frac{1}{2}$，$g = \frac{3v + \alpha - \gamma + p^*\gamma}{\beta}$ 为方程的联立解，因此存在 $E_9\left(p^*, \frac{1}{2}, \frac{3v + \alpha - \gamma + p^*\gamma}{\beta}\right)$ 也是系统的均衡解。

由命题 4 可知，平台、互补者和用户在博弈过程中存在 9 个局部均衡解。在非对称博弈模型中，混合战略均衡一定不是演化稳定均衡，因此只需分析 8 个纯战略平衡点的稳定性即可[31]。为验证这些平衡点的稳定性，可通过求解系统 Jacobian 矩阵 J 的局部稳定性来判断其演化稳定战略。根据动态方程可得系统的 Jacobian 矩阵 J 为：

$$J = \begin{bmatrix} \frac{1}{6}(-1+2p)(-1+2x)\gamma & \frac{1}{3}(-1+p)p\gamma & 0 \\ \frac{1}{2}(-1+x)x\gamma & \frac{1}{2}(-1+2x)(3v+\alpha-g\beta-\gamma+p\gamma) & -\frac{1}{2}(-1+x)x\beta \\ 0 & \frac{1}{4}(-1+g)g\alpha & \frac{1}{4}(-1+2g)((3+x)\alpha-4\mu) \end{bmatrix}. \tag{5}$$

为进一步讨论各平衡点的稳定条件，将各平衡点带入 Jacobian 矩阵，计算对应特征值，具体如表 3 所示。

命题 5：由表 3 可知，动力系统(4)存在 $E_2(0,1,0)$，$E_3(1,0,0)$，$E_5(0,1,1)$，$E_7(1,0,1)$ 4 个可能的演化稳定战略。

表 3　均衡点特征值及稳定性分析

Table 3　Eigenvalues of the jacobian matrix

平衡点	特征值			稳定性
	λ_1	λ_2	λ_3	
$E_1(0,0,0)$	$\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\gamma)$	$\frac{\gamma}{6}>0$	$\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)$	当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\gamma)>0$, $\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)>0$ 时,为不稳定状态;其他情况为鞍点
$E_2(0,1,0)$	$\frac{1}{2}(3v+\alpha-\gamma)$	$-\frac{\gamma}{6}<0$	$-\alpha+\mu$	当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\gamma)<0$, $-\alpha+\mu<0$ 时,为渐进稳定点;其他情况为鞍点
$E_3(1,0,0)$	$\frac{1}{2}(-3v-\alpha)<0$	$-\frac{\gamma}{6}<0$	$\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)$	当 $\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)<0$ 时,为渐进稳定点;其他情况为鞍点
$E_4(0,0,1)$	$\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta+\gamma)$	$\frac{\gamma}{6}>0$	$\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)$	当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta+\gamma)>0$, $\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)>0$ 时,为不稳定状态;其他情况为鞍点
$E_5(0,1,1)$	$\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta-\gamma)$	$-\frac{\gamma}{6}<0$	$\alpha-\mu$	当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta-\gamma)<0$, $\alpha-\mu<0$ 时,为渐进稳定点;其他情况为鞍点
$E_6(1,1,0)$	$\frac{1}{2}(3v+\alpha)$	$\frac{\gamma}{6}>0$	$-\alpha+\mu$	当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha)>0$, $-\alpha+\mu>0$ 时,为不稳定状态;其他情况为鞍点
$E_7(1,0,1)$	$\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta)$	$-\frac{\gamma}{6}<0$	$\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)$	当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta)<0$, $\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)<0$ 时,为渐进稳定点;其他情况为鞍点
$E_8(1,1,1)$	$\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta)$	$\frac{\gamma}{6}>0$	$\alpha-\mu$	当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta)>0$, $\alpha-\mu>0$ 时,为不稳定状态;其他情况为鞍点

证明:(1)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\gamma)<0$, $-\alpha+\mu<0$ 时,系统的演化战略稳定在 $E_2(0,1,0)$。

(2)当 $\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)<0$ 时,系统的演化战略稳定在 $E_3(1,0,0)$。

(3)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta-\gamma)<0$, $\alpha-\mu<0$ 时,系统的演化战略稳定在 $E_5(0,1,1)$。

(4)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta)<0$, $\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)<0$ 时,系统的演化战略稳定在 $E_7(1,0,1)$。

命题 6:由表 3 可知,动力系统存在 $E_1(0,0,0)$, $E_2(0,1,0)$, $E_3(1,0,0)$, $E_4(0,0,1)$, $E_5(0,1,1)$, $E_6(1,1,0)$, $E_7(1,0,1)$, $E_8(1,1,1)$ 8 个可能的鞍点。

证明:(1)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\gamma)<0$ 或 $\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)<0$ 时, $E_1(0,0,0)$ 为鞍点。

(2)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\gamma)>0$ 或 $-\alpha+\mu>0$ 时, $E_2(0,1,0)$ 为鞍点。

(3)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha)>0$ 或 $\frac{1}{4}(-3\alpha+4\mu)>0$ 时, $E_3(1,0,0)$ 为鞍点。

(4)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta+\gamma)<0$ 或 $\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)<0$ 时, $E_4(0,0,1)$ 为鞍点。

(5)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta-\gamma)>0$ 或 $\alpha-\mu>0$ 时, $E_5(0,1,1)$ 为鞍点。

(6)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha)<0$ 或 $-\alpha+\mu<0$ 时, $E_6(1,1,0)$ 为鞍点。

(7)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta)>0$ 或 $\frac{1}{4}(3\alpha-4\mu)>0$ 时, $E_7(1,0,1)$ 为鞍点。

(8)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta)<0$ 或 $\alpha-\mu<0$ 时, $E_8(1,1,1)$ 为鞍点。

命题 7:由表 3 可知,动力系统存在 $E_2(0,1,0)$, $E_5(0,1,1)$, $E_6(1,1,0)$, $E_8(1,1,1)$ 4 个可能的不稳定点。

证明:(1)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\gamma)>0$, $\frac{1}{4}(-3\alpha+$

$4\mu) > 0$ 时，$E_1(0,0,0)$ 为不稳定点。

(2)当 $\frac{1}{2}(-3v-\alpha+\beta+\gamma) > 0, \frac{1}{4}(3\alpha-4\mu) > 0$ 时，$E_4(0,0,1)$ 为不稳定点。

(3)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha) > 0, -\alpha+\mu > 0$ 时，$E_6(1,1,0)$ 为不稳定点。

(4)当 $\frac{1}{2}(3v+\alpha-\beta) > 0, \alpha-\mu > 0$ 时，$E_8(1,1,1)$ 为不稳定点。

3 算例分析

3.1 参数设定

系统稳定性分析表明，不同参数与变量之间的取值关系将影响平台、互补者及用户的行为趋势，具有不确定性。为合理设定模型参数范围，本研究以“七麦数据”官网(https://www.qimai.cn/)2024 年至 2025 年度的数据作为主要实证依据，选取“iPad Apple Store”为平台代表，并以付费下载类 APP“Procreate”为互补者代表，将其 88 元的下载价格作为用户初始获取成本。此外，结合实际调查与等式平衡方法，对模型中所涉及的变量进行了赋值。

首先，基于“七麦数据”对 iPad Apple Store 平台“苹果精品推荐”的观测，2024 至 2025 年间，平台每日推荐次数集中在 20 - 30 次(占比 42.857%)和 30 - 40 次(占比 57.143%)。其中，“Procreate”一年内获推荐 13 次，而功能相近的核心竞品(如 Paintwork、Artstudio Pro、Sketchbook)同期未获推荐，反映出平台资源存在明显倾斜。从收入预估来看，“Procreate”日收入主要集中在 3000 - 6000 美元区间，其中 3000 - 4000 美元(32.02%)、4000 - 5000 美元(27.19%)、5000 - 6000 美元(29.61%)占比较高，6000 - 8000 美元合计占比为 11.18%。基于上述分布，设定“Procreate”每日的正常收入约 3500 美元，折合人民币约 25,011 元，将其赋值为“正常收益 β”。

其次，结合实际调查设定参数。根据行业数据，国内“Procreate”等绘图 APP 的用户月收入中位数约 8000 元，据此估算每日“用户收益 μ”约 267 元。同时，依据苹果开发者计划规则，App Store 对付费数字内容收取 30% 的佣金，因此设定“iPad Apple Store”向“Procreate”收取的“平台佣金 v”约每日 7503 元。部分参数初始值设定如下：$\beta = 25011$，$v = 7503$，$\mu = 267$。

然后，依据等式平衡设置仿真模型其他参数。根据表 3 均衡点特征值和 $E_3(1,0,0)$ 的稳定性条件：“当 $4\mu < 3\alpha$ 时为渐进稳定点”，此时互补者“Procreate”的每日“额外收益”为 $\alpha > 356$，设置 $\alpha = 500$。

综合以上分析，参数初始值取为：$\alpha = 500$，$\beta = 25011$，$v = 7503$，$\gamma = 23009$，$\mu = 267$。在平台生态系统初期，用户购买“Procreate”的总成本(含价格、时间与学习成本)通常高于其常规用户收益和用户初始获取成本，此时可合理设定“用户成本” $\omega = 400$。

3.2 数字平台生态系统各主体战略演化仿真分析

基于“Procreate”绘图 APP 的实际运营数据赋值，结合 iOS 平台在不同发展阶段的运营模式与机制，利用 Matlab2021b 对以下情形进行数值仿真分析。

(1)第一阶段——平台生态系统初始阶段

在初始阶段，苹果公司专注于构建稳定的操作系统和开发者工具(如 Xcode)，但治理机制相对宽松。此阶段用户基数有限，互补产品的品类也有限，像 Procreate 等专业绘图类应用尚未出现。为了快速验证自身价值并建立市场认知，苹果将资源集中投向少数高潜力开发者(如“愤怒的小鸟”等明星应用)，以打造标杆案例。然而，因此开发者为分散风险倾向于同时开发多个平台应用(如同时支持 iOS 与塞班系统)。用户则持观望态度，以规避早期产品不确定性可能带来的成本。如图 3 仿真所示，本阶段系统稳定于以下策略组合：平台采用资源倾斜分配战略、互补者采用多宿主战略、用户采用不购买战略。由此，提出以下研究假设：

研究假设一：在平台生态系统初始阶段，互补者采取多宿主战略的概率与平台资源投入水平呈负相关；当平台资源投入较低时，互补者更倾向于采取多宿主战略以分散风险。

(2)第二阶段——平台生态系统完善阶段

随着 App Store 机制成熟、支付体系完善、硬件性能提升(如 Retina 显示屏与 Apple Pencil 的支持)，开发者数量激增，用户从应用中获得的效用显著提升。专业级绘图应用如 Procreate 于此时登陆 iOS，充分利用软硬件协同优势，确立在移动绘图领域的标杆地位。在多数初始参数不变的情况下，根

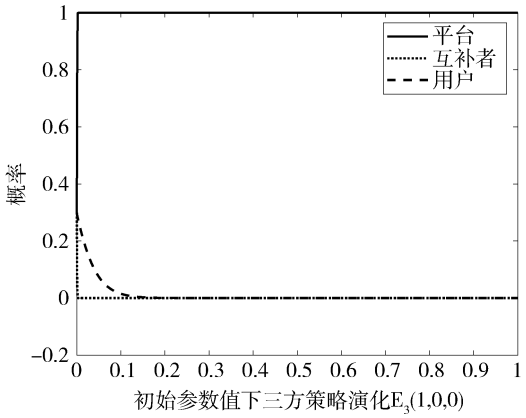


图 3　平台生态初始阶段的系统演化稳定性

Figure 3　System evolution stability in the initial stage of platform ecosystem

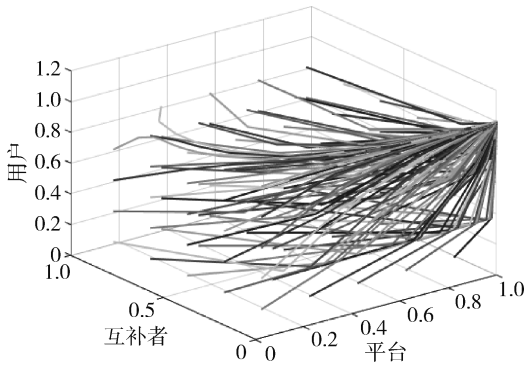


图 4　平台生态完善阶段的系统演化稳定性

Figure 4　System evolution stability in the stage of platform ecosystem maturity

据表 3 中:“当 $\beta < 3v + \alpha, 3\alpha < 4\mu$ 时为渐进稳定点”的稳定性条件,调整部分参数并设定用户收益为 $\mu = 2000$,正常收益为 $\beta = 13000$,绘制三者不同初始状态下的演化路径和均衡结果如图 4 所示。由图可知,在本阶段中,无论初始状态如何,系统战略最终均收敛于一点:平台采用资源倾斜分配战略、互补者采用多宿主战略、用户采用购买战略。由此,提出以下研究假设:

研究假设二:在平台生态系统完善阶段,当用户感知用户收益超过支付成本(即满足阈值)时,用户战略将从“不购买”稳定收敛至“购买”,而与平台和互补者的初始策略无关。

为巩固市场领导地位并最大化佣金收益,苹果持续强化对头部开发者的资源倾斜,如优先推荐、技术支持和营销资源。开发者为降低对 iOS 单一平台的依赖、拓展市场覆盖(如同时开发 Android 版本),普遍采取多宿主策略。但部分重度依赖 iOS 特有硬件生态的应用长期保持 iOS/iPadOS 定制。随着应用质量与可信度的整体提升,用户购买意愿增强,iOS 市场进入良性循环。由此,提出以下研究假设:

研究假设三:在平台生态系统完善阶段,当平台资源持续向头部互补者倾斜时,互补者采取多宿主战略的概率与其在该平台的额外收益呈负相关。

(3)第三阶段——平台生态系统成熟阶段

随着平台日益成熟,生态系统运行效率提升,逐渐形成结构复杂、产品多元的平台生态系统。随着开发者间竞争加剧,部分开始主导特定细分市场(如 Procreate 在专业绘画领域的统治地位)。然而,单一市场由少数开发者主导并非苹果所愿,因此苹果通过资源倾斜策略(如年度精选应用、精品推荐、热搜推荐)来刺激和维持开发者多样性,从而巩固其控制权。此阶段开发者策略变化如图 5 所示。由此,提出以下研究假设:

研究假设四:在平台生态系统成熟阶段,互补者从多宿主战略转向定制战略的概率与其面临的佣金成本与额外收益之比呈正相关。

同时,在本阶段中,用户战略决策受成本与价值双重影响:当支付成本下降(如 App Store 频繁打折、家庭共享)、开发者额外收益增加时,用户获取的价值提升,更倾向于“购买”;反之则选择“不购买”,如图 6 所示。对于 Procreate 这类高价值专业应用,用户往往因其所提供的独特工作流与创意体验而愿意支付一次性买断费用,体现出 iOS 成熟期用户对高价值应用的认可与购买意愿的提升。由此,提出以下研究假设:

研究假设五:用户购买决策在平台成熟阶段受到支付成本与感知价值之比的显著影响,比值越小,购买倾向越高。

(4)参数敏感性分析

随着生态发展,苹果为提升利润逐步缩减资源投入,转向更精细化的分成机制;开发者则响应市场需求与规则,持续推动产品创新,如 Procreate 不断加入动画辅助、3D 绘画等高级功能,充分利用 Metal 等底层图形接口提升性能;用户因产品价值超越支付成本,购买意愿显著增强,因此该阶段战略维持在平衡点 $E_7(1,0,1)$。当生态进入成熟阶段,尽管 iOS 已完成系统性优化,三方战略选择趋于收敛,但由于彼此交互高度复杂,策略组合未必长期固守于

某一静态平衡点,而是在某一动态平衡域内持续微调与演变,如图 7 所示。

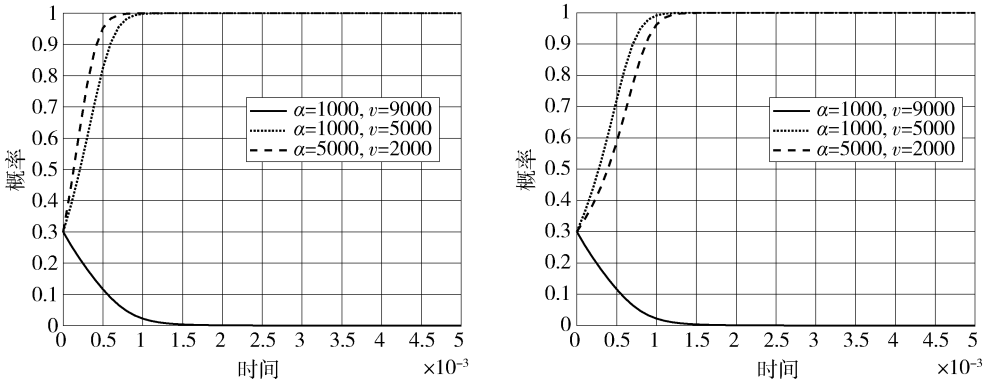


图 5 互补者额外收益、平台佣金对互补者战略决策的影响

Figure 5 Influence of complementors′ additional revenue and platform commission costs on complementors′strategic decisions

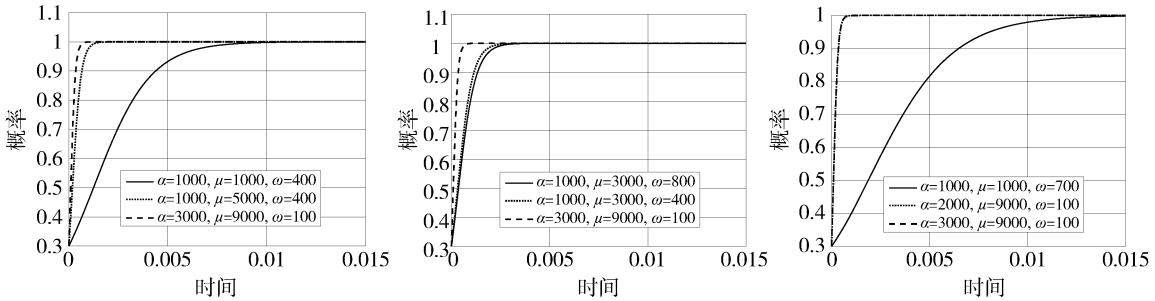


图 6 互补者额外收益、用户收益与用户成本对用户战略决策的影响

Figure 6 Effect of complementors′additional revenue, user benefits, and user costs on user strategic decisions

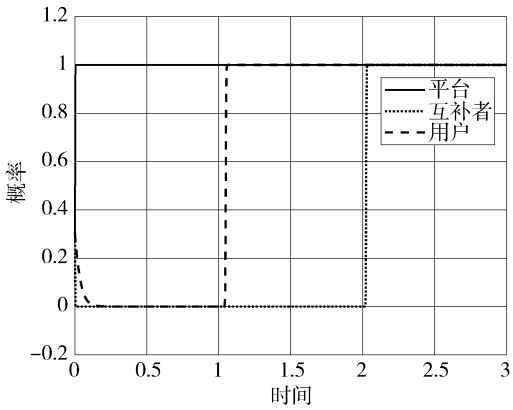


图 7 参数值动态变化下的三方战略演化

Figure 7 Dynamic evolution of tri – party strategies under varying parameter values

3.3 结果分析

本部分通过仿真实验验证了第二部分的平衡点,并分析了不同平衡点对应的各主体状态,主要结论如下:

(1)在平台初期阶段,平台倾向于资源倾斜,互补者偏好多宿主,用户倾向于不购买。因此,为促进生态向下一阶段演进,平台需明确业务方向与目标用户,构建核心价值体系,提升用户关注度,为用户购买行为创造必要条件。

(2)平台完善阶段,随着应用质量与可信度的整体提升,用户购买意愿增强,市场进入良性循环。为促进生态向下一阶段演进,平台应聚焦于激发并利用网络效应:一方面扩大用户安装基数,提高转化与购买率,实现规模与收入的双重增长;另一方面持续优化资源倾斜机制,增强互补者的忠诚度与生态粘性,构筑可持续的核心竞争力。

(3)平台成熟阶段,通过降低平台佣金、提高额外收益可推动互补者选择定制战略,而提高用户收益、降低成本则促使用户选择购买战略。因此,为促进生态稳定繁荣,平台可采取以下策略:一是加强对互补者的资源支持,激励其提升产品创新水平与价值效益;二是通过“降利多销”的合理定价扩大用户基础;三是加强市场监管,降低用户交易保障成本,缓解其消费顾虑,提升用户购买意愿。

由此可见,数字平台生态系统的演变对参数高度敏感,平衡点随参数动态变化,这表明各主体战略相互影响。因此,实践中不同主体可通过调控相关参数,引导生态系统向健康持续的方向演化。

4　结论

现有研究虽已揭示数字平台生态系统中各主体的相互依赖性[32,33],并逐步关注双方交互所引发的合作竞争关系[34,35],但多数研究仍聚焦于平台所有者对互补者的单边治理,缺乏对多主体互动的整体探索。实际上,平台生态系统中的主体互动已超越单边治理,为此,本研究通过构建平台所有者、互补者和用户三方主体博弈模型,以揭示多主体战略交互的内在逻辑。主要贡献体现在以下三个方面:首先,本研究突破了传统资源基础观的企业中心范式,将资源分配的理解从组织内部扩展到生态系统层面,并强调其作为平台治理关键驱动力的作用。这不仅解释了平台与合作伙伴的协作依赖关系,更揭示了多主体价值共创的内在逻辑与策略权衡。其次,本研究突破静态均衡观点,运用三维动力系统分析平台生态系统中多主体长期动态交互下的均衡演化,从理论层面阐述了三个主体群体的战略交互动态,论证了动态方程及其平衡点的演化路径。最后,本研究通过多情境动态仿真,从理论上揭示了平台生态系统在均衡状态下各主体的结构性特征与行为规律,为平台资源分配与互补者产品战略理论提供了理论依据。

同时,本研究为平台与互补者的资源协同与战略互动提供了实践启示。首先,平台可将资源分配作为动态治理工具,根据发展阶段灵活调整策略:初期用均衡策略吸引参与者;待互补者经市场验证后,转向倾斜策略激励优质互补者;若成本过高则回调均衡;成熟期再次对互补者实施倾斜,以巩固平台控制力并推动生态系统持续演进。其次,平台的资源分配战略为互补者提供了清晰的行动信号。互补者需要据此调整自身战略:在资源倾斜期,应采取定制化战略积极争取支持;在资源均衡期,则需通过优化成本与提升服务来锁定用户构筑自身壁垒。唯有使其战略与平台导向及市场需求同步,才能实现与平台的协同共进。最后,促成用户实际购买是衡量战略匹配是否有效的核心标准。因此,平台可通过适度定价、加强监管与提升服务,与互补者共同优化用户体验,将关注转化为购买,实现生态价值持续创造与各方共赢。

本研究在取得以上进展的同时,也揭示出均衡逻辑理论存在的局限。主要体现在以下三方面:第一,理论情景构建较为简化,未充分纳入平台间竞争、平台类型差异及互补者在创新速度与质量上的竞争等现实因素,这些都可能影响系统均衡的形成与演变,未来需深入探究相关内外部机制。第二,实验中对主体行为的设定过于理想化,未充分考虑现实决策中的有限理性、策略试探等复杂特征,削弱了模型对真实世界的刻画力。未来可引入行为实验或强化学习等方法予以增强。第三,实验数据来源较为单一,仅依赖个别平台数据,限制了模型的外部有效性。未来可通过引入多平台、多情境数据,提升模型的泛化能力与实际解释力。

参考文献:

[1] Jacobides, M G, Cennamo C, Gawer A. Towards a theory of ecosystems [J]. Strategic Management Journal, 2018, 39(8): 2255 – 2276.

[2] Nambisan S, Siegel D, Kenney M. On open innovation, platforms, and entrepreneurship [J]. Strategic Entrepreneurship Journal, 2018, 12(3): 354 – 368.

[3] Parker G, Van A M. Innovation, openness, and platform control [J]. Management Science, 2018, 64(7): 3015 – 3032.

[4] De R M, Sørensen C, Basole R C. The digital platform: A research agenda [J]. Journal of Information Technology, 2018, 33(2): 124 – 135.

[5] 陈雪琳,周冬梅,鲁若愚. 平台生态系统中互补者的多边关系研究:理论溯源与框架构建[J]. 研究与发展管理, 2023, 35 (1): 60 – 71. Chen X L, Zhou D M, Lu R Y. A study on the multilateral relationship of compliators in platform ecosystem: Theoretical origin and framework construction [J]. Research and Development Management, 2023, 35(1): 60 – 71.

[6] Cenamor J. Complementor competitive advantage: A framework for strategic decisions [J]. Journal of Business Research, 2021, 122: 335 – 343.

[7] Nambisan S, Wright M, Feldman M, The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes [J]. Research Policy, 2019, 48(8): 1 – 9.

[8] Zeng J, Yang Y, Lee S H. Resource orchestration and scaling – up of platform – based entrepreneurial firms:

The logic of dialectic tuning [J]. Journal of Management Studies, 2022, 60(3): 605 – 638.

[9] Chen L, Tong T W, Tang S Q, et al. Governance and design of digital platforms: A review and future research directions on a meta – organization [J]. Journal of Management, 2022, 48(1): 147 – 184.

[10] Stoelhorst J W. Value, rent, and profit: A stakeholder resource – based theory [J]. Strategic Management Journal, 2021, 44(6): 1488 – 1513.

[11] Hui L, Qiaowei S, Yakov B. Dynamic resource allocation on multi – category two – sided platforms. [J]. Management Science, 2021, 67(2):984 – 1003.

[12] Rietveld J, Ploog J N, Nieborg D B. Coevolution of platform dominance and governance strategies: Effects on complementor performance outcomes [J]. Academy of Management Discoveries, 2020,6(3):488 – 513.

[13] Giustiziero G, Kretschmer T, Somaya D, et al. Hyperspecialization and hyperscaling: A resource – based theory of the digital firm [J]. Strategic Management Journal, 2022, 44(6): 1391 – 1424.

[14] Karhu K, Gustafsson R, Lyytinen K. Exploiting and defending open digital platforms with boundary resources: Android's five platform forks [J]. Information Systems Research, 2018, 29(2): 479 – 497.

[15] Agarwal S, Miller C D, Ganco M. Growing platforms within platforms: How platforms manage the adoption of complementor products in the presence of network effects? [J]. Strategic Management Journal, 2023, 44(8): 1879 – 1910.

[16] Boudreau K. Open platform strategies and innovation: Granting access vs. devolving control [J]. Management Science, 2010, 56(10): 1849 – 1872.

[17] Huber T L, Kude T, Dibbern J. Governance practices in platform ecosystems: Navigating tensions between cocreated value and governance costs [J]. Information Systems Research, 2017, 28(3): 563 – 584.

[18] Chen L, Yi J, Li S, et al. Platform governance design in platform ecosystems: Implications for complementors' multihoming decision [J]. Journal of Management, 2021, 48(3): 630 – 656.

[19] Polidoro F, Yang W. Porting learning from interdependencies back home: Performance implications of multihoming for complementors in platform ecosystems [J]. Strategic Management Journal, 2024, 45(9): 1791 – 1821.

[20] Fürstenau D, Baiyere A, Schewina K, et al. Extended generativity theory on digital platforms [J]. Information Systems Research, 2023, 34(4): 1686 – 1710.

[21] Cennamo C. Building the value of next – generation platforms: The paradox of diminishing returns [J]. Journal of Management, 2016, 44(8): 3038 – 3069.

[22] Cennamo C, Santaló J. Generativity tension and value creation in platform ecosystems [J]. Organization Science, 2019, 30(3): 617 – 641.

[23] Cenamor J, Frishammar J. Openness in platform ecosystems: Innovation strategies for complementary products [J]. Research Policy, 2021, 50(1):1 – 15.

[24] Silva R, Gerwe O. Micro entry theory: Understanding the drivers and effects of the entry of micro players in the context of digital platforms [J]. Journal of Management Studies, 2023, 61(6): 2633 – 2661.

[25] Panico C, Cennamo C. User preferences and strategic interactions in platform ecosystems [J]. Strategic Management Journal, 2020, 43(3): 507 – 529.

[26] Gastaldi L, Appio F P, Trabucchi D, et al. From mutualism to commensalism: Assessing the evolving relationship between complementors and digital platforms [J]. Information Systems Journal, 2023, 34(4): 1217 – 1263.

[27] Reisinger M, Schmidt J, Stieglitz N. How complementors benefit from taking competition to the system level [J]. Management Science, 2021, 67(8): 5106 – 5123.

[28] 胡春华,陈皖,周艳菊,等. 基于演化博弈的直播电商监管机制研究[J]. 管理科学学报, 2023, 26(6): 126 – 141. Hu C H, Chen W, Zhou Y J, et al. Research on regulatory mechanism of live streaming e – commerce based on evolutionary game [J]. Journal of Management Science in China, 2023, 26(6): 126 – 141.

[29] 谭劲松,赵晓阳. 创新生态系统主体技术策略研究——基于领先企业与跟随企业的演化博弈与仿真[J]. 管理科学学报, 2022, 25(5): 13 – 28. Tan J S, Zhao X Y. Research on technological strategy of innovation ecosystem players: Based on evolutionary game and simulation between leading Firms and following firms [J]. Journal of Management Science in China, 2022, 25(5): 13 – 28.

[30] 周永圣,梁淑慧,刘淑芹,等. 绿色信贷视角下建立绿色供应链的博弈研究[J]. 管理科学学报, 2017, 20(12):87 – 98. Zhou Y S, Liang S H, Liu S Q, et al. Game research on building green supply chain from the perspective of green credit [J]. Journal of Management Science in China, 2017, 20(12):87 – 98.

[31] 谢识予. 经济博弈论[M]. 上海:复旦大学出版社, 2002. Xie S Y. Economic Game Theory [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2002.

[32] 焦豪,杨季枫. 数字技术开源社区的治理机制:基于悖论视角的双案例研究.[J]. 管理世界, 2022,11: 207 – 231. Jiao H, Yang J F. Governance Mechanism of digital technology open source community: A double case study from the perspective of Paradox. [J]. Management World, 2022, 11: 207 – 231.

[33] Zhang Y, Li J, Tong T W. Platform governance matters: How platform gatekeeping affects knowledge sharing among complementors [J]. Strategic Management Journal, 2020, 43(3): 599 – 626.

[34] Jain S, Qian K. Compensating online content producers: A theoretical analysis [J]. Management Science, 2021, 67(11): 7075 – 7090.

[35] 梅景瑶,王节祥. 平台依赖型创业企业如何应对双元身份困境? ——基于奇点云的案例研究[J]. 管理世界, 2024,11:173 – 191. Mei J Y, Wang J X. How do platform – dependent startups deal with the dilemma of dual identity? – A case study based on the Singularity Cloud [J]. Management World, 2024, 11:173 – 191.

Research on the multi – agent strategic interaction evolution in digital platform ecosystems

ZHOU Dong – mei[1], JIANG Yue – mei[2], ZHOU – Yang[3], LU Ruo – yu[1]

(1. School of Economic and Management, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China; 2. School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China; 3. School of Finance and Public Administration, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China)

Abstract: In digital platform ecosystems, platform owners incentivize complementors to participate in value creation through resource allocation strategies, while complementors adopt customization or multi – homing strategies to secure resources and achieve autonomous development. The shared objective of both parties is to expand the user base, activate network effects, and thereby drive the overall prosperity of the ecosystem. In this process, the strategies of multiple actors continuously interact through dynamic resource allocation linkages, forming a continuously evolving complex system. Based on this understanding, this study integrates the resource – based view and evolutionary game theory to construct a dynamic tripartite game model involving platform owners, complementors, and users, systematically explaining the interconnected dependencies and symbiotic gaming behaviors among multiple agents. Through simulation experiments and analysis of a three – dimensional dynamical system, the research verifies the equilibrium points and their stability, revealing the evolutionary paths and underlying mechanisms of strategic interactions among agents at different stages. Ultimately, this study expands the perspective of platform governance from a single agent to multi – agent strategic interactions, transitioning from an internal equilibrium model to an external balance model. It deepens the understanding of the governance logic in platform ecosystems, enriches platform governance theory, and provides practical guidance.

Key words: digital platform ecosystem; resource allocation; multi – agent; strategic interactions; dynamic evolution