数字技术赋能下农村产业融合的三方演化博弈分析

李 妍，吴丽薇

（河北经贸大学金融学院，石家庄 050061）

摘要：数字技术日益成为全球经济增长的关键驱动力，农村产业融合在农村经济转型升级中发挥着至关重要的作用。通过构建农民、涉农企业和地方政府三方的演化博弈模型和数值仿真，探讨各主体均衡策略下如何利用数字技术推动农村产业融合。研究发现：在三方主体初始参与意愿方面，更强烈的偏好会促进演化系统更快地达到稳定状态；相比于农户，涉农企业对地方政府的监管力度变动更加敏感；相比于补贴额对农户的影响，税收额的变动更容易激发农户参与数字化农村产业融合的积极性，而涉农企业则对地方政府给予的补贴额变动更加敏感。根据研究发现，通过技术革新等手段尽量减少数字化农村产业融合过程中的资源浪费，有助于数字农村产业融合的长期发展。

关键词：数字技术；农村产业融合；演化博弈；农村现代化发展

中图分类号：F49；F323 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)07－0099－10

近年来，中国正积极推进产业融合发展，广泛采用新技术、新业态、新模式和新产业，为乡村振兴注入新的活力。农村产业融合作为新时代农村经济发展的关键路径，对于促进农业现代化和乡村振兴具有深远意义。它通过整合农业生产、加工、销售等各环节，优化了农业产业结构，提升了农业的综合效益。同时，农村产业融合还扩大了农民的就业渠道，增加了农民收入，改善了农村民生。然而，在构建双循环相互促进的新发展格局中，中国农业发展面临着资源环境的刚性约束，农业生产成本持续上升。在这种情况下，数字经济成为推动农业供给侧结构性改革、提升农业综合效益和竞争力的重要手段。“十四五”时期关于数字乡村与数字农业建设的系列规划与政策（如《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》、《数字乡村发展行动计划（2022—2025年）》等）均指出，运用数字化手段是推动农业高质量发展的迫切需要。相关政策强调，需加强数字技术在农业生产、经营、管理和服务全链条的应用，推进智慧农业建设与农村电商等新业态发展，以此促进农村产业深度融合，助力乡村全面振兴。

农村产业在数字化发展的初期阶段，开始涉足数字化领域，但实际操作中仍然面临许多困境。这一阶段需要大量的专业劳动力和高昂的启动成本。然而，农村生产要素的投入并不充足，这导致资本投入的增加达不到预期的收入。此外，鉴于中国“大国小农”的基本国情，高效推动农村产业融合仍然充满挑战。尽管中国“三产融合”的主体日益多元化，并且发展模式多样化且逐渐成熟，各主体之间的利益联结机制也日趋紧密，但仍面临诸多挑战。受限于农业资源禀赋条件、从业主体的综合能力以及物流基础设施水平等因素，中国农业农村领域存在产销信息不对称、产业链条延伸不足、农业多功能性挖掘不够等问题。虽然经营主体数量众多，但在资源整合、创新以及带动能力方面却显得较为薄弱。当前，中国农村产业融合正面临着难得的历史性机遇。因此，需要深入研究数字经济如何更好地推动农村产业融合，为政策制定提供有力支持。要实现这一目标，需要厘清数字产业与乡村融合中各行为主体之间的博弈关系，建立长期稳定的互利共生机制。

然而，通过对文献的梳理发现，既有研究多侧重于宏观描述或单方行为分析，缺乏对农户、涉农企业及地方政府三者间互动机制的深入探讨，以及对多主体在有限理性下的长期动态演化过程的刻画。鉴于此，现构建涵盖农户、涉农企业与地方政府的三方演化博弈模型，通过理论与仿真分析，揭

收稿日期：2025-11-18

基金项目：河北省社会科学基金（HB23YJ005）

作者简介：李妍（1983—），女，河北河间人，博士，教授，硕士研究生导师，研究方向为金融工程、风险管理；吴丽薇（2001—），女，河北定州人，硕士研究生，研究方向为数字经济。

示各方主体对监管、税收、补贴等政策工具的差异化敏感性，尤其考虑资源损失、政府监管力度、企业协同收益系数等参数，从而为政府实施差异化、精准化的融合激励政策提供新的理论依据与决策参考。

1 文献综述

在已有研究中，数字经济对农村产业融合的影响以及三方演化博弈模型的应用已得到一定关注。

(1)关于数字经济对农村产业融合的影响，舒亚鹏[1]认为随着数字经济的不断发展，农村产业融合成为农业经济发展的重要趋势。数字经济通过为农村产业提供技术支持、资金支持、营销支持等，促进农村产业融合的发展。邵小明[2]认为在“十四五”全方位推动乡村振兴的时代背景下，数字经济通过刺激需求带动供给侧结构性改革，推动产业链的优化和产业转型，缩小了城乡间的差距。孟维福等[3]从技术创新和创业活跃度视角检验了数字经济助推我国农村产业融合的效应和机制，结果表明数字经济在提升技术创新水平和创业活跃度方面对促进农村产业融合效果显著。万建军和胡文萍[4]认为乡村振兴背景下农村产业融合是实现产业升级、促进区域经济一体化以及农业农村现代化的关键所在，而数字经济对于农村产业融合具有重要的驱动作用。

(2)关于数字经济赋能农村产业融合的路径，多位学者从不同角度进行了深入研究。刘琛和李丽[5]指出数字经济可通过改善资源错配推动农村产业振兴。向超等[6]从政府和市场两个视角构建了农村数字化发展的制度路径。肖若晨[7]从江苏太仓市和天津市数字化产业融合的运行模式中得出数字经济驱动农村产业融合的路径，即可以通过建立大数据中心来推动数字经济驱动农村产业融合。余永跃和吴方[8]认为数字经济为农业生产环节提供便利，有利于促进农业智能化生产，从而促进农村数字化产业融合的发展。荆文君等[9]指出数字技术的相互关联和互补是保持技术对经济积极影响的关键因素。栾晓梅等[10]通过案例梳理的方式得出“互联网＋现代农业”相互融合发展、产学研合作是数字经济驱动农村产业融合的主要形成路径。此外，谢璐和韩文龙[11]也提出了数字经济助推产业融合的逻辑是通过社会再生产的4个环节为三产融合提供新的活力。上述研究主要探讨了数字经济、数字技术赋能农村产业融合的可能路径，为数字经济驱动农村产业融合提供了重要借鉴。

总之，随着数字经济促进农村产业的整合，各利益相关者的作用在决定结果方面至关重要，之前的研究为这一讨论提供了坚实的理论基础。许多研究从实证角度探讨了数字经济对农村产业整合的影响，但很少有研究从进化博弈的角度来探讨。数字化农村产业融合不只涉及数字经济这一外生变量，更应涵盖各主体的交互作用。事实上，数字化网络协同方式，推动了经济的高效、智能和可持续发展[12]。海量的数据收集、分析和应用，揭示了农业生产、市场需求和消费者行为等方面的深层规律，为农村产业融合提供了决策支持和市场导向。同时，数据的共享和协同合作也加强了产业链上下游企业间的紧密联系和高效协作。在数字经济背景下，平台化模式为农村产业融合打开了新的道路。通过构建农业电商平台、农业物联网平台等，农村产业融合的发展是一个多主体决策的过程，从微观动力机制层面来看，各主体参与治理的成本收益均会受到其他主体策略选择的影响。因此数字化农村产业融合本质上是一个包括农户、涉农企业、地方政府等多主体演化博弈的过程。本文中将尝试回答以下问题：作为微观利益主体的农户、涉农企业、地方政府在复杂的行为交互下，其行为策略是如何演化并达到均衡的？各方利益满足何种条件，才能使系统趋于稳定？政府采取怎样的监管力度才能促进农户和涉农企业参与数字化农村产业融合？相较于以往研究，本文的边际贡献在于：①以往研究可能侧重于单一主体或简单的双方互动，而本文中从农户、涉农企业和地方政府等多主体的动态交互关系出发，探讨不同主体在数字化农村产业融合过程中的策略选择及相互影响。引入政府的监管力度参数 a 和涉农企业的收益系数 b，研究政府的监管与涉农企业的策略选择对博弈模型的影响。②在传统演化博弈模型的基础上，考虑到数字化农村产业融合过程中资源损失问题，分析其对农村产业融合的影响。这样可以更真实地模拟现实中农村产业融合的复杂环境，为各主体的决策提供更具参考价值的建议。

2 博弈关系分析和模型构建

2.1 博弈关系分析

为了明晰政府、农户、涉农企业之间的利益关系，提出如下基本假设。

假设1：数字化农村产业融合的主体包括政府、农户、涉农企业且都是有限理性的博弈主体。在信息充分的情况下，各方不断调整行为策略，地方政

府追求经济发展和社会稳定,涉农企业追求经济效益和市场拓展,农户追求收入增加和生活改善[9]。

假设 2:农户可以采取支持和不支持数字化农村产业融合两种策略选择。农户支持时需要投入成本 C_{11},如需购买数字化设备,如安装网线、铺设宽带、购买无人机、购入机械设施等费用;农户不支持或者农户支持但是其他两方至少一方持消极态度时,此时社会资源不能发挥最大化的效用,将会产生资源的损失 S_{11},如土地资源的不合理使用、农药喷洒过程中造成的浪费等。农户支持数字化农村产业融合时将获得额外收益 E_{11},如股份合作制下获得的分红、拉动就业带来的收入、电商直播带来的农作物销售收入等。农户不支持数字化农村产业融合或者农户支持企业不参与时只能获得基准收益,即传统农业销售模式带来的收益 E_{12},此时付出传统农业的成本 C_{12}。参考黄小勇等[13]的研究,因为引入了数字化设备,选择参与策略得到的额外收入 E_{12} 大于选择不参与策略的传统农业收入 E_{11},选择参与策略时的收入不仅有销售农产品的收入,同时政府为了激励农户的生产行为,会给予一定的补贴,这些资金也可以弥补参与农村产业融合付出的成本。参考兰陵县实例,兰陵县实施数字农业,实现了"节药节水,增加收入"等多重效益[13]。据测算,每亩(1 亩≈667 m^2)耕作成本将降低约 1 800 元。基于此情景,令 $C_{12}>C_{11}$。

假设 3:涉农企业策略包括"参与、不参与"农村产业融合两种策略选择。涉农企业的行为假设也是基于理性的经济人假设,涉农企业参与数字化农村产业融合时需要投入运营成本 C_{21},如数字化农村产业融合进程中需要的人才引进成本、设备更新改造成本、研究与开发成本等;涉农企业选择参与数字化农村产业融合将获得额外收益 E_{21},如产品销售收益和产品投资收益等。其中,产品销售收益主要包括农产品的市场销售收益和农村产业融合产品的市场销售收益;农村产业融合投资收益主要包括企业投资农村产业融合项目的收益和农村产业融合带来的政策收益。当涉农企业不参与或者至少有一方持消极态度时,资源效用无法得到充分利用,并且要素流动将遭遇障碍,从而导致资源浪费的损失 S_{21}。此外,如果涉农企业不参与,其社会声誉将受到损失 G_{21};反之,积极参与将为其赢得良好的社会声誉 G_{22}。当另外两方其中一方采取消极举措时,涉农企业的收益系数为 b。即原来 1 单位的收益变为 $1-b$。

假设 4:政府有严格监管和不严格监管农村产业融合两种策略选择。政府的行为假设主要是基于公共利益最大化的原则,其行为选择会考虑社会整体利益。地方政府监管数字化农村产业融合的成本为 C_{31},如对农户是否按照合同进行农业生产以及涉农企业是否按照合同进行利益返还进行调查和监督时付出的人力物力;考虑到农业受到自然环境、市场环境的影响,使得农业生产过程有很大的不确定性,为了推动农村产业融合发展,政府会采用一些激励措施,如给予农户和涉农企业一些税收优惠政策,降低其生产成本。涉农企业参与数字化农村产业融合政府给予补贴 S_{31},农户参与数字化农村产业融合时政府给予补贴 S_{32}。同时,涉农企业需要向政府缴纳一定的税收 R_{31},农户需缴纳税收 R_{32}。地方政府严格监管时因社会的稳定和农村产业融合的顺利进行而让社会公众对政府管控行为表示认可,从而获得良好声誉 G_{31},不监管时带来声誉损失 G_{32}。政府严格监管将带来社会收益 E_{31},如政府社会公信力的提升和一些绩效奖励等。同时,为了鼓励农户和涉农企业参与农村产业融合的进程中来,给予的税收补贴、优惠政策均大于其缴纳的税收。政府的监管力度为 a。

假设 5:农户的策略空间为 $E=(K_1,K_2)=$(支持,不支持),农户选择参与数字化农村产业融合的概率为 $x(0<x<1)$,则不参与的概率为 $(1-x)$;涉农企业的策略空间为 $N=(N_1,N_2)=$(参与,不参与),涉农企业选择参与数字化农村产业融合的概率为 $y(0<y<1)$,则不参与的概率为 $(1-y)$;政府的策略空间为 $M=(M_1,M_2)=$(监管,不监管),政府选择监管数字化农村产业融合的概率为 $z(0<z<1)$,则不监管的概率为 $(1-z)$。

农户、涉农企业和政府在数字化农村产业融合博弈过程中,是一个有限理性背景下进行的动态过程,其博弈策略选择共有 8 组决策组合,对应的收益矩阵见表 1,并得到支付矩阵,见表 2。

2.2　均衡策略分析

2.2.1　农户博弈均衡分析

$$\begin{aligned}U_{X1} = {} & yx(E_{11}+S_{32}-C_{11}+R_{32})+y(1-z)(E_{11}+aS_{32}-C_{11}-R_{32}-F_{11})+(1-y)z(E_{12}+S_{32}-C_{12}-R_{32}-F_{11})+\\ & (1-y)(1-z)(E_{12}+aS_{32}-C_{12}-R_{32}-F_{11}) \qquad (1)\end{aligned}$$

假设农户在选择不支持数字农村产业整合时获得的预期收益为 U_{X2}。

$$U_{X2}=yz(E_{12}-C_{12}-F_{11}-S_{32})+y(1-z)(E_{12}-C_{12}-F_{11}-aS_{32})+(1-y)z(E_{12}-C_{12}-F_{11}-S_{32})+(1-y)(1-z)(E_{12}-C_{12}-F_{11}-aS_{32}) \quad (2)$$

$$U_X = xU_{X1}+(1-x)U_{X2} \quad (3)$$

农户的复制动态方程为

$$F_X=\frac{d_x}{d_t}=x(1-x)[(E_{11}-E_{12}-C_{11}z+C_{12}z+F_{11}z)y+2aS_{32}-R_{32}+2S_{32}z+2aS_{32}z] \quad (4)$$

$$y_0=\frac{R_{32}-2aS_{32}-2S_{32}z-2aS_{32}z}{E_{11}-E_{12}-C_{11}z+C_{12}z+F_{11}z} \quad (5)$$

表 1　相关变量及含义

变量		变量说明
农户	x	农户选择支持的概率
	C_{11}	农户支持数字化农村产业融合需要投入的运营成本
	F_{11}	农户不支持或者农户支持或其他两方至少一方持消极态度时造成的资源损失
	E_{11}	农户支持农村产业融合获得的额外收益
	E_{12}	农户进行传统农业的基准收益
	C_{12}	农户进行传统农业成本
涉农企业	y	涉农企业选择参与数字化农村产业融合的概率
	E_{21}	涉农企业参与数字化农村产业融合的额外收益
	C_{21}	涉农企业参与数字化农村产业融合需要投入的运营成本
	F_{21}	涉农企业参与但是其他两方至少有一方持消极态度时造成的资源损失
	G_{21}	涉农企业不参与时的社会声誉损失
	G_{22}	涉农企业参与时的良好声誉
	b	其他两方有一方采取消极策略时，涉农企业的收益系数
政府	z	政府选择监管数字化农村产业融合的概率
	C_{31}	政府监管的运营成本
	S_{31}	涉农企业参与时政府给予的补贴和税收优惠
	S_{32}	农户参与时政府给予的补贴和税收优惠
	R_{31}	涉农企业参与时需向政府缴纳的税收
	R_{32}	农户支持时需向政府缴纳的税收
	G_{31}	政府监管时的良好声誉
	G_{32}	政府不监管时的声誉损失
	E_{31}	政府监管、其他两方主体参与时政府获得的额外社会收益(如社会公信力的提升，良好的政绩)
	a	地方政府的监管力度

令 $y=y_0$，复制动态方程 $F_z=0$，此时，无论 z 取何值，核心企业的策略选择都处于稳定。

若 $y\neq y_0$，可得两个稳定点：$z=1$、$z=0$。

$$\frac{\mathrm{d}[F(x)]}{\mathrm{d}(x)}=(1-2x)[(E_{11}-E_{12}-C_{11}z+C_{12}z+F_{11}z)y+2aS_{32}-R_{32}+2S_{32}z+2aS_{32}z] \quad (6)$$

若 $y>y_0$，当 $z=0$ 时，$\frac{\mathrm{d}[F(z)]}{\mathrm{d}(x)}>0$，当 $z=1$ 时，$\frac{\mathrm{d}[F(z)]}{\mathrm{d}(x)}<0$，可知当 $z=1$ 时系统处于演化稳定策略。同理，若 $y<y$，$z=0$ 为演化稳定策略。

分析表明，地方政府加强监管措施与农民补充收入的增加有关。收入的增加随后激励农民更积极地参与数字农村产业的整合。相反，为促进这种融合而向农民征收的税款增加，往往会助长他们之间的不支持态度。相比之下，当地方政府提高税收补贴以促进数字农村产业的整合时，农民更有可能采取支持立场。

2.2.2　涉农企业均衡博弈分析

分别使用 U_{y1} 和 U_{y2} 表示涉农企业参与或不参与数字农村产业整合的农业企业的预期收益，可以表示如下：

$$U_{y1}=xz[E_{21}+S_{31}+G_{22}-C_{21}-R_{31}]+x(1-z)(bE_{21}+aS_{31}-C_{21}-R_{31}-F_{21}+G_{22})+(1-x)z(bE_{21}-F_{21}+G_{22}+S_{31}-R_{31})+(1-x)(1-z)[-F_{21}+G_{22}+aS_{31}-R_{31}] \quad (7)$$

$$U_{y2}=xz(-G_{21}-S_{31})+x(1-z)(-G_{21}-aS_{31})+(1-x)z(-G_{21}-S_{31})+(1-x)(1-z)(-G_{21}-aS_{31}) \quad (8)$$

$$U_y=yU_{X1}+(1-y)U_{X2} \quad (9)$$

涉农企业的复制动态方程如下：

$$F_y=\frac{d_y}{d_t}=y(1-y)[(2S_{31}+bE_{21}-2aS_{31}+E_{21}x+F_{21}x-2bE_{21}x)z+G_{21}-F_{21}+G_{22}-R_{31}+2aS_{31}-C_{21}x+bE_{21}x] \quad (10)$$

表 2　支付矩阵

策略组合	农户收益	涉农企业收益	政府收益
K_1,N_1,M_1	$E_{11}+S_{32}-C_{11}+R_{32}$	$E_{21}+S_{31}+G_{22}-C_{21}-R_{31}$	$R_{31}+R_{32}+E_{31}+G_{31}-C_{31}-S_{31}-S_{32}$
K_1,N_1,M_2	$E_{11}+aS_{32}-C_{11}-R_{32}-R_{11}$	$bE_{21}+aS_{31}-C_{21}-R_{31}-F_{21}+G_{22}$	$R_{31}+R_{32}-aS_{31}-aS_{32}-G_{32}$
K_1,N_2,M_1	$E_{12}+S_{32}-C_{12}-R_{32}-F_{11}$	$-G_{21}-S_{31}$	$G_{31}-C_{31}+R_{32}-S_{32}$
K_1,N_2,M_2	$E_{12}+aS_{32}-C_{12}-R_{32}-F_{11}$	$-G_{21}-aS_{31}$	$R_{32}-aS_{32}-G_{32}$
K_2,N_1,M_1	$E_{12}-C_{12}-F_{11}-S_{32}$	$bE_{21}-F_{21}+G_{22}+S_{31}-R_{31}$	$-C_{31}+R_{31}-S_{31}+G_{31}$
K_2,N_1,M_2	$E_{12}-C_{12}-F_{11}-aS_{32}$	$-F_{21}+G_{22}+aS_{31}-R_{31}$	$R_{31}-aS_{31}-G_{32}$
K_2,N_2,M_1	$E_{12}-C_{12}-F_{11}-S_{32}$	$-G_{21}-S_{31}$	G_{31}
K_2,N_2,M_2	$E_{12}-C_{12}-F_{11}-aS_{32}$	$-G_{21}-aS_{31}$	$-G_{32}$

$$z_0=\frac{F_{21}+R_{31}+C_{21}x-G_{21}-G_{22}-2aS_{31}-bE_{21}x}{2S_{31}+bE_{21}-2aS_{31}+E_{21}x+F_{21}x-2bE_{21}x} \tag{11}$$

令 $z=z_0$,复制动态方程 $F_x=0$,此时,无论 x 取何值,核心企业的策略都处于稳定状态。

若 $z\neq z_0$,令 $F_x=0$,可得两个稳定点:$x=1$、$x=0$。对 F_x 求导可得:

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{d}[F(y)]}{\mathrm{d}(x)}=(1-2x)[&(2S_{31}+bE_{21}-2aS_{31}+\\&E_{21}x+F_{21}x-2bE_{21}x)z+G_{21}-\\&F_{21}+G_{22}-R_{31}+2aS_{31}-\\&C_{21}x+bE_{21}x]\end{aligned} \tag{12}$$

若 $z>z_0$,当 $x=0$ 时,$\frac{\mathrm{d}[F(y)]}{\mathrm{d}(x)}>0$,当 $x=1$ 时,$\frac{\mathrm{d}[F(y)]}{\mathrm{d}(x)}<0$,可知当 $x=1$ 时系统处于演化稳定策略。同理,若 $z<z_0$,$x=0$ 为演化稳定策略。

通过对涉农企业演化均衡分析可以发现,当 S_{31} 增大时,z_0 减少,说明当地方政府对涉农企业的补贴增大时,涉农企业越倾向于选择支持数字化农村产业融合;同理,当 R_{31} 增大时,x_0 增大,即涉农企业向地方政府缴纳的税收额增大,中小企业越倾向于不参与数字化农村产业融合。由此可知,地方政府通过调整税收额可以有效激励涉农企业参与农村产业融合。此外,当 F_{21} 增大,z_0 增大,说明涉农企业采取积极策略时,另外两方有一方不参与时造成的资源浪费越大,涉农企业就越倾向于不参与农村产业融合。当涉农企业参与时付出的成本增大时,x_0 增大,涉农企业基于利益最大化原则,参与农村产业融合的积极性减小。

2.2.3　地方政府均衡博弈分析

使用 U_{z1} 和 U_{z2} 代表政府对农村产业数字融合严格或宽松监管的预期收益。可以分别表示如下:

$$\begin{aligned}U_{z1}=&xy(R_{31}+R_{32}+E_{31}+G_{31}-C_{31}-S_{31}-\\&S_{32})+x(1-y)(-C_{31}+R_{32}-S_{32})+\\&(1-x)y(-C_{31}+R_{31}-S_{31}+G_{31})+\\&(1-x)(1-y)(G_{31})\end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}U_{z2}=&xy(R_{31}+R_{32}-rS_{31}-aS_{32}-G_{32})+\\&x(1-y)(R_{32}-aS_{32}-G_{32})+\\&(1-x)y(R_{31}-aS_{31}-G_{32})+(1-\\&x)(1-y)(-G_{32})\end{aligned} \tag{14}$$

$$U_z=zU_{z1}+(1-z)U_{z2} \tag{15}$$

政府的复制动态方程为

$$\begin{aligned}F_z=\frac{d_z}{d_t}=z(1-z)[&(aS_{32}-S_{32}-C_{31}+C_{31}y+\\&E_{31}y)x+G_{31}+G_{32}-C_{31}y-S_{31}y+aS_{31}y]\end{aligned} \tag{16}$$

$$x_0=\frac{C_{31}y+S_{31}y-G_{31}-G_{32}-aS_{31}y}{aS_{32}-S_{32}-C_{31}+C_{31}y+E_{31}y} \tag{17}$$

令 $x=x_0$,复制动态方程 $F_y=0$,此时,无论 y 取何值,核心企业的策略选择都处于稳定。

若 $x\neq x_0$,可得两个稳定点:$y=1$、$y=0$。对 F_y 求导可得:

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{d}[F(z)]}{\mathrm{d}(x)}=(1-2y)[&(aS_{32}-S_{32}-C_{31}+\\&C_{31}y+E_{31}y)x+G_{31}+G_{32}-\\&C_{31}y+aS_{31}y]\end{aligned}$$

若 $x>x_0$,当 $y=0$ 时,$\frac{\mathrm{d}[F(z)]}{\mathrm{d}(x)}>0$,当 $y=1$ 时,$\frac{\mathrm{d}[F(z)]}{\mathrm{d}(x)}<0$,可知当 $y=1$ 时系统处于演化稳定策略。同理,若 $x<x_0$,$y=0$ 为演化稳定策略。

通过对地方政府演化均衡分析可以发现,当 S_{31} 增大时,x_0 增大,说明当地方政府对涉农企业的补贴增大时,意味着地方政府要付出更大的成本,给其造成一定的财政压力,导致地方政府越倾向于选择宽松监管数字化农村产业融合;同理,当 C_{31} 增大时,x_0 增大,即地方政府严格监管付出的成本增大,地方政府越倾向于不参与数字化农村产业融合。E_{31} 增大时,x_0 减小,即中央政府给予地方政府的政绩奖励越高,越容易激励地方政府采取严格监管策略。由此可知,中央政府对地方政府的政绩激励可以有效激发地方政府进行市场规制,平衡地方政府的收益与成本。

2.3　博弈主体策略稳定性分析

前面的分析讨论了三方战略演化的关键条件和路径,以及相关因素对其演化稳定战略的影响。下面讨论三方共同作用下的进化稳定策略和不同均衡状态。农民、农业企业和政府的复制动态方程如下:

(1)$F_x=\frac{d_x}{d_t}=x(1-x)[(E_{11}-E_{12}-C_{11}z+C_{12}z+F_{11}z)y+2aS_{32}-R_{32}+2S_{32}z+2aS_{32}z]$。

(2)$F_y=\frac{d_y}{d_t}=y(1-y)[(2S_{31}+bE_{21}-2aS_{31}+E_{21}x+F_{21}x-2bE_{21}x)z+G_{21}-F_{21}+G_{22}-R_{31}+2aS_{31}-C_{21}x+bE_{21}x]$。

(3)$F_z=\frac{d_z}{d_t}=z(1-z)[(aS_{32}-S_{32}-C_{31}+C_{31}y+E_{31}y)x+G_{31}+G_{32}-C_{31}y-S_{31}y+aS_{31}y]$。

构造了控制复制的动力学方程的雅可比矩阵。通过分析其局部稳定性[14],可以确定进化稳定的策

略。该系统的雅可比矩阵如下：

$$\boldsymbol{J}=\begin{bmatrix}\lambda_{\alpha 1} & \lambda_{\beta 1} & \lambda_{\gamma 1}\\ \lambda_{\alpha 2} & \lambda_{\beta 2} & \lambda_{\gamma 2}\\ \lambda_{\alpha 3} & \lambda_{\beta 3} & \lambda_{\gamma 3}\end{bmatrix}。$$

(1)$\lambda_{\alpha 1}=(1-2x)[(E_{11}-E_{12}-C_{11}z+C_{12}z+F_{11}z)y+2aS_{32}-R_{32}+2S_{32}z+2aS_{32}z]$。

(2)$\lambda_{\beta 1}=x(1-x)(E_{11}-E_{12}-C_{11}z+F_{11}z)$。

(3)$\lambda_{\gamma 1}=x(1-x)(2S_{31}-2aS_{31}+F_{21}x)$。

(4)$\lambda_{\alpha 2}=y(1-y)(E_{21}z-2bE_{21}z-C_{21}+bE_{21})$。

(5)$\lambda_{\beta 2}=(1-2y)[(2S_{31}+bE_{21}-2aS_{31}+E_{21}x+F_{21}x-2bE_{21}x)z+G_{21}-F_{21}+G_{22}-R_{31}+2aS_{31}-C_{21}x+bE_{21}x]$。

(6)$\lambda_{\gamma 2}=\lambda_{\gamma 2}=y(1-y)(2S_{31}+bE_{21}-2aS_{31}+E_{21}x+F_{21}x-2bE_{21}x)$。

(7)$\lambda_{\alpha 3}=z(1-z)(aS_{32}-S_{32}-C_{31}+C_{31}y+E_{31}y)$。

(8)$\lambda_{\beta 3}=z(1-z)(-2C_{31}-S_{31}+aS_{31})$。

(9)$\lambda_{\gamma 3}=(1-2z)[(aS_{32}-S_{32}-C_{31}+C_{31}y+E_{31}y)x+G_{31}+G_{32}-C_{31}y-S_{31}t+aS_{31}y]$。

令 $F_x=0$、$F_y=0$、$F_z=0$，可以得到地方政府、涉农企业和农户三方演化博弈的均衡点，此方程有 8 个纯策略均衡点，分别为 $E_1(0,0,0)$、$E_2(1,0,0)$、$E_3(0,1,0)$、$E_4(0,0,1)$、$E_5(1,1,0)$、$E_6(1,0,1)$、$E_7(0,1,1)$、$E_8(1,1,1)$。将 8 个均衡点分别代入雅可比矩阵，通过特征值 λ 的正负号来判断此均衡点的渐进稳定性，8 个均衡点所对应的雅可比矩阵特征值的一般表达式见表 3[15]。

利用 Jacobian 矩阵的局部稳定方法[16-17]，研究进化系统中 8 个纯战略平衡点的稳定性。在均衡点的全部特征值都小于 0 的情况下，这个平衡点就是系统进化的稳定策略，其相应的策略就是进化的稳定策略；如果其中的一个特征值大于 0，它就是一个不稳定的点。由表 3 可知，系统可能存在的 ESS 有 7 个，下面对 7 个 ESS 的稳定性条件进行具体分析。

3　稳定性条件分析

情况 1：稳定点 $E(1,0,0)$ 代表了三方选择的策略是{农民支持，涉农企业不参与，政府不监管}的情景。稳定性条件表明，在这种情况下，$2aS_{32}>R_{32}$，$F_{21}+R_{31}+C_{21}>G_{21}+G_{22}+2aS_{31}+E_{21}$，$S_{32}+C_{31}+G_{31}>aS_{32}+G_{32}$。

情况 2：稳定点 $E(0,1,0)$ 代表三方选择的策略是{农民不支持，涉农企业参与，政府不监管}的情景。稳定性条件表明，在这种情况下，$E_{11}+E_{12}+R_{32}+C_{11}>E_{11}+2aS_{32}$，$G_{21}+G_{22}+2aS_{31}>F_{21}+R_{31}$，$S_{31}+C_{31}>G_{31}+G_{32}+aS_{31}$。

表 3　各均衡点对应的特征值

均衡点	特征值	稳定性条件
$E_1(0,0,0)$	$\lambda_1=2aS_{32}-R_{32}$ $\lambda_2=G_{21}+G_{22}-R_{31}+2S_{31}-C_{21}+E_{21}$ $\lambda_3=G_{31}+G_{32}>0$	不稳定点
$E_2(1,0,0)$	$\lambda_1=R_{32}-2aS_{32}$ $\lambda_2=G_{21}-F_{21}+G_{22}-R_{31}+2aS_{31}-C_{21}+bE_{21}$ $\lambda_3=aS_{21}-S_{32}-G_{31}+G_{32}-C_{31}$	$2aS_{32}>R_{32}$ $F_{21}+R_{31}+C_{21}>G_{21}+G_{22}+2aS_{31}+bE_{21}$ $S_{32}+C_{31}+G_{31}>aS_{32}+G_{32}$
$E_3(0,1,0)$	$\lambda_1=-C_{11}+E_{11}-E_{12}+2aS_{32}-R_{32}$ $\lambda_2=F_{21}+R_{31}-G_{21}-G_{22}-2aS_{31}$ $\lambda_3=G_{31}+G_{32}-S_{31}+aS_{31}-C_{31}$	$E_{11}+E_{12}+R_{32}+C_{11}+2aS_{32}$ $G_{21}+G_{22}+2aS_{31}>F_{21}+R_{31}$ $S_{31}+C_{31}>G_{31}+G_{32}+aS_{31}$
$E_4(0,0,1)$	$\lambda_1=2S_{32}+C_{12}+4aS_{32}-R_{32}$ $\lambda_2=G_{21}-F_{21}+G_{22}-R_{31}+2S_{31}+bE_{21}$ $\lambda_3=-G_{31}-G_{32}<0$	$R_{32}>2S_{32}+C_{12}+4aS_{32}$ $F_{21}+R_{31}>G_{21}+G_{22}+2S_{31}+bE_{21}$
$E_5(1,1,0)$	$\lambda_1=E_{12}+R_{32}-E_{11}-2aS_{32}$ $\lambda_2=F_{21}+R_{31}+C_{21}-G_{21}-G_{22}-2aS_{31}-bE_{21}$ $\lambda_3=E_{31}+G_{32}+G_{32}+aS_{31}+aS_{32}-S_{32}-S_{31}-C_{31}$	$E_{11}+2aS_{32}>E_{12}$ $G_{21}+G_{22}+2aS_{31}+bE_{21}>F_{21}+R_{31}+C_{21}$ $S_{32}+S_{31}+C_{31}>E_{31}+G_{31}+G_{32}+aS_{31}+aS_{32}$
$E_6(1,0,1)$	$\lambda_1=R_{32}-4aS_{32}-C_{12}-2S_{32}$ $\lambda_2=G_{21}+G_{22}+2S_{31}-R_{31}-C_{21}+E_{21}$ $\lambda_3=C_{31}+S_{31}-aS_{32}-G_{31}-G_{32}$	$4aS_{32}+C_{12}+2S_{32}>R_{32}$ $R_{31}+C_{21}>G_{21}+G_{22}+2S_{31}+E_{21}$ $aS_{32}+G_{31}+G_{32}>C_{31}+S_{31}$
$E_7(0,1,1)$	$\lambda_1=2S_{32}+4aS_{32}+F_{11}+C_{12}-E_{11}-E_{12}-R_{32}$ $\lambda_2=F_{21}+R_{31}-G_{21}-G_{22}-2S_{31}$ $\lambda_3=S_{31}+C_{31}-G_{31}-G_{32}-aS_{31}$	$E_{11}+E_{12}+R_{32}>2S_{32}+4aS_{32}+F_{11}+C_{12}$ $G_{21}+G_{22}+2S_{31}>F_{21}+R_{31}$ $G_{31}+G_{32}+aS_{31}>S_{31}+C_{31}$
$E_8(1,1,1)$	$\lambda_1=C_{11}+E_{12}+R_{32}-E_{11}-C_{12}-F_{11}-4aS_{32}-2S_{32}$ $\lambda_2=R_{31}+C_{21}-G_{21}-G_{22}-2S_{31}-E_{21}$ $\lambda_3=(1-a)S_{31}+(1-a)S_{32}+C_{31}-E_{31}-G_{31}-G_{32}$	$E_{11}+C_{12}+F_{11}+4aS_{32}+2S_{32}>C_{11}+E_{12}+R_{32}$ $G_{21}+G_{22}+2S_{31}+E_{21}>R_{31}+C_{31}$ $E_{31}-G_{31}-G_{32}>(1-a)S_{31}+(1-a)S_{32}+C_{31}$

情况 3:稳定点 $E(0,0,1)$代表三方选择的策略是{农民不支持,涉农企业不参与,政府监管}的情景。稳定性条件表明,在这种情况下,$R_{32}>2S_{32}+C_{12}+4aS_{32}$,$F_{21}+R_{31}>G_{21}+G_{22}+2S_{31}$。

情况 4:稳定点 $E(1,1,0)$代表了三方选择的策略是{农民支持,涉农企业参与,政府不监管}的情景。稳定性条件表明,在这种情况下,$E_{11}+2aS_{32}>E_{12}$,$G_{21}+G_{22}+2aS_{31}+E_{21}>F_{21}+R_{31}+C_{21}$,$S_{32}+S_{31}+C_{31}>E_{31}+G_{31}+G_{32}+aS_{31}+aS_{32}$。

情况 5:稳定点 $E(1,0,1)$代表了三方选择的策略是{农民支持,涉农企业不参与,政府监管}的情景。稳定性条件表明,在这种情况下,$4aS_{32}+C_{12}+2S_{32}>R_{32}$,$R_{31}+C_{21}>G_{21}+G_{22}+2S_{31}+E_{21}$,$aS_{32}+G_{31}+G_{32}>C_{31}+S_{31}$。

情况 6:稳定点 $E(0,1,1)$表示三方选择的策略是{农民不支持,涉农企业参与,政府监管}的情景。稳定性条件表明,在这种情况下,$E_{11}+E_{12}+R_{32}>2S_{32}+4aS_{32}+F_{11}+C_{12}>C_{11}+E_{12}+R_{32}$,$G_{21}+G_{22}+2S_{31}>F_{21}+R_{31}$,$G_{31}+G_{32}+aS_{31}>S_{31}+C_{31}$。

情况 7:稳定点 $E(1,1,1)$代表了三方选择的策略是{农民不支持,涉农企业参与,政府监管}的情景。稳定性条件表明,在这种情况下,$E_{11}+C_{12}+F_{11}+4aS_{32}+2S_{32}>C_{11}+E_{12}+R_{32}$,$G_{21}+G_{22}+2S_{31}+E_{21}>R_{31}+C_{21}$,$E_{31}-G_{31}-G_{32}>(1-a)S_{31}+(1-a)S_{32}+C_{31}$。

4　仿真模拟

为深入分析三方主体在数字农村产业融合中的动态演化过程,采用 MATLAB 进行数值仿真,通过调整关键参数观察系统向理想均衡状态 $E(1,1,1)$的收敛情况。为模拟分析选择的因素包括 C_{11}、C_{21}、F_{21}、C_{31}、S_{31}、R_{32}。每个参数变量的初始值设置如下。根据《中国农业农村信息网》发布的新疆玛纳斯县乐土义镇白杨树村的数字棉花种植信息,实施水肥一体化技术可以提高肥料效率约 20%,每亩节水约 30 m^3,降低劳动力成本 70%以上,每亩增产约 20 kg,每亩增收 200 多元[18]。2023 年,棉花价格在 7.5～8 元/kg。2023 年国家统计局报告指出,2023 年全国棉花产量为每亩 134.3 kg[20]。假定传统耕作方法每亩总产值为 1 007.25 元,而数字耕作技术将其提高到每亩 1 207.25 元,两种方式收益比例约为 5∶6。另据 2023 年《新疆数字农业发展报告》显示,采用传统种植方法的亩均总成本约为 3 000 元,通过水肥一体化、智能检测等技术赋能后的亩均总成本大约为 2 000 元[21],两种种植方式成本比约为 3∶2。因此,在本文中,定义了 $E_{11}=6$、$E_{12}=5$、$C_{12}=3$ 和 $C_{11}=2$,其他参数值来自黄小勇等[13]的研究。在图 1～图 7 中,横轴表示时间 t,纵轴表示农民、农业企业和政府的参与概率,分别表示为 x、y 和 z[17]。初始值设置为 $C_{11}=2$,$F_{11}=3$,$E_{11}=6$,$E_{12}=5$,$C_{12}=3$,$E_{21}=8$,$C_{21}=5$,$F_{21}=3$,$G_{21}=3$,$G_{22}=2$,$C_{31}=5$,$S_{31}=4$,$S_{32}=2$,$R_{31}=4$,$R_{32}=3$,$G_{31}=3$,$G_{32}=5$,$E_{31}=3$。

(1)政府规制强度变化对系统的影响。由图 1 可知,在其他参数不变的情况下,政府监管力度 a 的提升对系统演化具有显著影响。随着 a 增大,地方政府更趋向于采取严格监管策略,尤其在税收收入增加的情况下,监管收益可覆盖其成本,并有助于实现公共管理目标。与此同时,涉农企业与农户在更强监管环境下也更快趋向积极参与。监管力度的增强不仅提升了农户与企业可获得的补贴额度,也增加了政府税收与社会声誉,从而形成推动数字化农村产业融合持续稳定发展的合力。

(2)涉农企业的收益系数对系统的影响。由图 2 可知,在其他参数不变时,涉农企业收益系数的提高对三方演化趋势影响如下:随着 b 增大,涉农企业因预期收益上升而更快趋向积极参与;农户因合作收益提升也随之加快支持决策。地方政府因提高可能带来更多税收,倾向于加强监管,但因执行成本上升,其演化至严格监管的速度略有延缓。长期来看,随着融合进程趋于稳定,地方政府可能逐步放松监管,以发挥涉农企业的市场主体作用。

(3)涉农企业的税收和补贴变动对系统的影响。由图 3、图 4 可知,提高补贴可降低企业数字化成本、提升利润,从而显著缩短其参与决策时间,但会加重地方政府财政负担,延缓监管进程,并因财政资源有限而挤占对农户的补贴,延后农户支持决

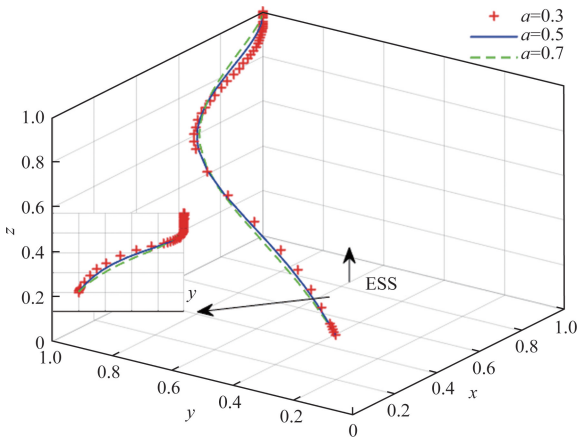


图 1　参数 a 对演化均衡的影响

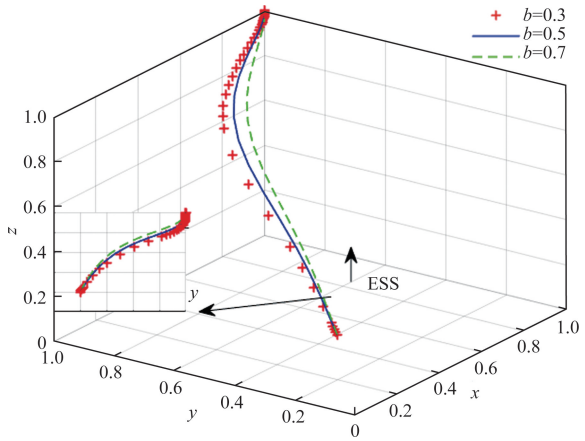


图 2　参数 b 对演化均衡的影响

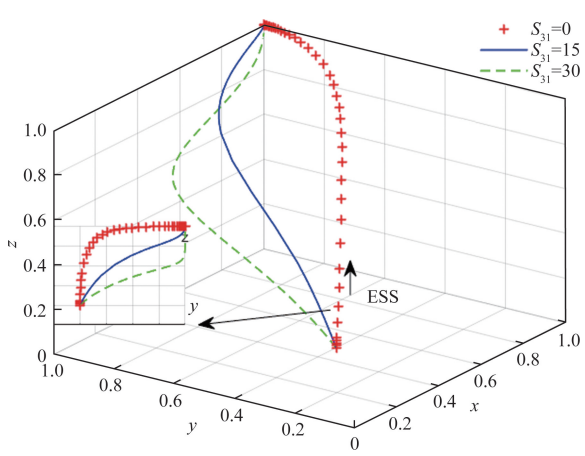


图 3　参数 S_{31} 对演化均衡的影响

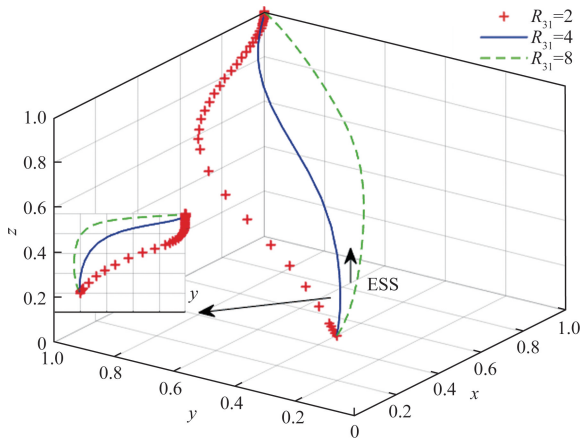


图 4　参数 R_{31} 对演化均衡的影响

策。增加税收则直接提高企业参与成本，抑制其积极性，延长决策时间；虽促使地方政府加强监管，但企业积极性下降会连带延缓农户的演化进程。短期内，增税可能延缓产业融合；长期来看，若将税收用于改善基础设施与服务，则有望重塑企业参与意愿，对融合进程产生积极推动作用。

（4）农户的补贴和税收变动给系统带来的影响。由图 5、图 6 可知，提高对农户的补贴可有效激

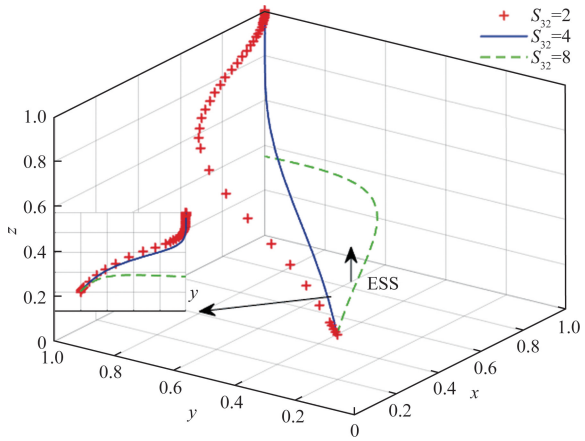


图 5　参数 S_{32} 对演化均衡的影响

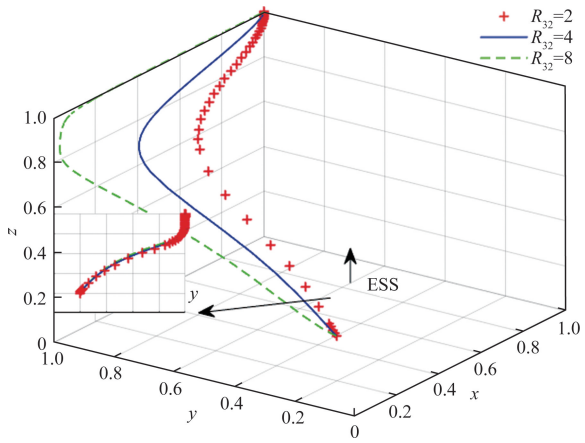


图 6　参数 R_{32} 对演化均衡的影响

励其参与产业融合，直接提升其收益并覆盖参与成本，但会加重地方政府财政压力，可能导致监管放宽。总体而言，补贴政策虽可能弱化监管意愿，但能显著促进农户参与，并间接吸引更多涉农企业加入，推动产业数字化升级。相反，增加农户税收会延缓其参与决策。税收提高导致参与成本上升、边际收益下降，削弱农户支持意愿。对地方政府而言，税收增加虽带来更多财政收入并轻微延长其严格监管的演化时间，但总体上可作为调节农户参与积极性的有效政策工具。

（5）资源浪费变动给系统带来的影响。由图 7 可知，资源浪费的增加对三方演化路径产生显著影响。随着资源浪费程度上升，涉农企业因潜在损失增大而延长参与决策时间；地方政府为避免资源错配加剧，倾向于加强监管；农户亦因成本风险增加而延缓支持决策。这一机制促使三方更注重协同合作：涉农企业主动寻求政府支持并加强与农户协作，政府强化引导与监管，农户更关注项目可行性与政策保障。资源浪费成本上升虽延缓各方单独决策，但客观上推动形成协同治理格局，有助于优

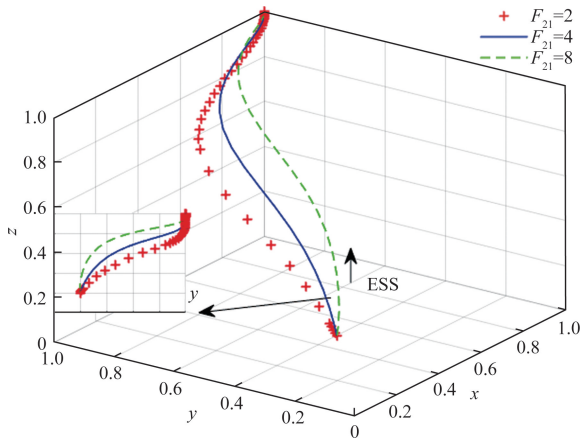


图 7　参数对演化均衡的影响

化资源配置、促进产业融合健康发展。

5　结论与启示

5.1　结论

(1)相比于农户,涉农企业对地方政府的监管力度变动更加敏感。合理的监管力度能够促进数字化农村产业融合发展。

(2)涉农企业的收益系数在数字化农村产业融合中有着不可忽视的作用,当收益系数处于理想水平时,涉农企业能够在数字化农村产业融合中获得更多的经济回报,这种正向激励促使涉农企业在博弈过程中更倾向于选择积极参与策略。并且这种选择在产业层面会产生连锁反应,涉农企业的积极策略会吸引农户积极支持数字化农村产业融合。

(3)相比于补贴额对农户的影响,税收额的变动更容易激发农户参与数字化农村产业融合的积极性。而涉农企业则对地方政府给予的补贴额变动更加敏感。相同的是,增加对涉农企业和农民的补贴可以鼓励他们采取积极的策略,提高他们的积极性。实施优惠政策和保险方案可以抵消税收的影响,降低参与数字农村产业融合的农民的成本,进一步激励他们参与。适当减轻参与数字融合的农民和涉农企业的税收负担,可以释放更多资源用于数字化发展,降低农产品及相关设备的销售价格,农户也能在农产品销售环节获得更多利润,从而增强其在数字化产村融合中的持续参与能力。

(4)通过技术革新等手段尽量减少数字化农村产业融合过程中的资源浪费,有助于数字农村产业融合的长期发展。

5.2　管理启示

(1)加强政府技术援助。①政府应通过提供技术援助、实施优惠政策、吸引人才和升级数字基础设施来加强政策支持。这些举措旨在提高农民参与产业一体化的意愿和能力[22]。②应鼓励企业优先考虑技术创新和人才发展,以提高其在该领域的竞争力[23]。③随着产业融合的推进,政府需要加强对数字技术公司的监督,这将有助于确保合规和公平竞争,防止垄断和不公平行为,从而促进健康的农村产业融合。④政府应建立风险评估和应对体系,及时识别和应对潜在的风险和挑战。从长远来看,至关重要的是制定稳定的支持政策,为产业融合营造一个支持性的制度环境,这将为可持续发展奠定坚实的基础。⑤应强调加强对农民的数字技能培训,以提高他们的数字素养、竞争力和产业整合效率,使他们能够有效地利用数字技术平台。还应鼓励数字技术公司与农民建立强有力的伙伴关系。合作可以推动技术创新和产业进步,促进各方互利共赢。

(2)加强跨部门和地区的合作。①促进农村产业融合的全面发展应包括政策协调、资源共享和合作举措。鼓励数字技术企业与农民建立强有力的伙伴关系至关重要[24]。此次合作将有助于推动技术创新和产业升级。②应在政府、农民和涉农企业之间建立沟通框架,这可能涉及创建旨在加强信息交流和资源整合的平台和联盟,促进集体努力,推动农村产业的综合发展。应加强产业、学术、研究和实际应用之间的合作,重点加强研究机构、大学和企业之间的伙伴关系,共同推动农村产业融合的技术和模式创新。③完善 3 个主要利益相关者之间的利益协调机制,以确保利益的公平分配和高质量资源的相互增强。例如,政府可以通过进一步规范合同条款,积极鼓励龙头企业在现代农业生产中心建立可靠的原材料生产和采购来源,大力推进农业产业化来加强订单农业。这一战略旨在减少资源损失,防止任何一个实体优先考虑自己的利益而损害其他实体的利益。④防止任何一方将其利益置于他人利益之上。应鼓励农民和涉农企业参与共享合作体系,从而成为利益共同体的利益相关者,并在数字化农村产业融合过程中更好地获得额外利益。

(3)鼓励涉农企业的技术创新。①农业相关企业需要增加对技术创新和产业升级的投资,这将为农村产业一体化提供强有力的支持。②中国拥有良好的基础设施,但人才发展严重不足。大多数信息技术专家都位于大城市,这给“数字农村”计划造成了相当大的人才短缺。为了解决这一问题,必须加强与大学和研究机构的伙伴关系,这将有助于引进先进技术和管理实践,并吸引更多学科人才参与

农村产业的数字化转型。③农业相关企业应积极与农民建立强有力的伙伴关系。通过合作,可以制定农村产业融合的创新模式和战略,帮助农民升级产业,提高收入。

参考文献

[1] 舒亚鹏. 数字经济下农村产业融合发展的优化路径研究[J]. 智慧农业导刊,2023,3(22):79-82.

[2] 邵小明. 数字经济赋能河南省农村一二三产业融合发展的路径探析[J]. 南方农业,2023,17(20):72-74.

[3] 孟维福,郑素兰,刘婧涵. 数字经济促进农村产业融合的影响机制与实证检验[J]. 财经理论与实践,2023,44(5):84-91.

[4] 万建军,胡文萍. 乡村振兴背景下数字经济驱动农村产业融合的机理与路径探析[J]. 农业经济,2023(8):22-24.

[5] 刘琛,李丽. "数商兴农"背景下数字经济对农村流通产业振兴的影响[J]. 商业经济研究,2024(9):112-115.

[6] 向超,包丽平,王小华. 数字经济与农村经济融合发展:理论关照、政策检视与实践路径[J]. 广西师范大学学报(哲学社会科学版),2023,59(6):120-132.

[7] 肖若晨. 大数据助推乡村振兴的内在机理与实践策略[J]. 中州学刊,2019(12):48-53.

[8] 余永跃,吴方. 数字经济对农村产业融合发展的影响研究:基于交易成本角度[J]. 长江师范学院学报,2023,39(5):44-50.

[9] 荆文君,刘倩,孙宝文. 数字技术赋能经济高质量发展:一种改进的"技术-经济"分析范式[J]. 电子政务,2023(10):2-13.

[10] 栾晓梅,陈池波,田云,等. 数字经济赋能乡村生态农产品价值实现的典型模式与形成机制分析[J]. 四川农业大学学报,2024,42(1):224-230.

[11] 谢璐,韩文龙. 数字技术和数字经济助力城乡融合发展的理论逻辑与实现路径[J]. 农业经济问题,2022(11):96-105.

[12] 王瑞峰. 数字普惠金融、农业农村高质量发展与农民共同富裕[J]. 中国流通经济,2023,37(6):90-103.

[13] 黄小勇,邹伟,李世成,等. 数字化产村融合激活农村闲置资源的演化博弈行为研究[J]. 中国软科学,2023(7):151-167.

[14] 方翔,周狄波,张颖,等. 工业互联网的杭州助推方案[J]. 信息化建设,2019(2):56-58.

[15] 李晓敏,毛守恒,王安琪. 基于三方演化博弈的充电桩规范运营治理研究[J]. 长江师范学院学报,2025,41(1):110-124.

[16] 邵志国,李梦笛,韩传峰,等. 基于演化博弈的建筑垃圾处理协同机制及仿真[J]. 中国管理科学,2024,32(7):324-334.

[17] 燕雪,云月,李姗姗,等. 畜禽粪污集中处理模式中的三方演化博弈研究:基于规模差异与政府干预视角[J]. 中国环境管理,2023,15(5):67-77,128.

[18] 新疆玛纳斯:数字棉田亩均增效200元[EB/OL]. (2024-11-15)[2025-10-18]. https://www.agri.cn/zx/xxlb/xj/202411/t20241115_8689751.htm.

[19] 租金每亩地1400元居高不下,2023年种棉花能有多大胜算[EB/OL]. (2023-01-09)[2025-10-18]. https://m.163.com/dy/article/HQM0GM130511CCT0.html.

[20] 国家统计局关于2023年棉花产量的公告[EB/OL]. (2023-12-25)[2025-10-18]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202312/content_6922207.htm.

[21] 2023年新疆地区棉花种植成本同比下降[EB/OL]. (2024-02-05)[2025-10-18]. https://news.chemnet.com/detail-9232935.html.

[22] 龚晓莺,杨柔. 数字经济发展的理论逻辑与现实路径研究[J]. 当代经济研究,2021(1):17-25,112.

[23] 白永秀,宋丽婷. 数字经济对经济活动影响的政治经济学分析[J]. 兰州大学学报(社会科学版),2021,49(4):78-85.

[24] 黄瑞宝. 数字化背景下产业发展路径研究:基于演化博弈视角的分析[J]. 黔南民族师范学院学报,2023,43(1):83-91,103.

A Tripartite Evolutionary Game Analysis on Rural Industry Integration Empowered by Digital Technology

LI Yan, WU Liwei

(School of Finance, Hebei University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: Digital technology is increasingly becoming a key driver of global economic growth, while rural industry integration plays a vital role in the transformation and upgrading of the rural economy. An evolutionary game model among farmers, agricultural enterprises, and local governments was constructed, and numerical simulation was conducted to explore how to promote rural industrial integration by using technology under the equilibrium strategies of each subject. The findings indicate that a stronger initial willingness to participate among the three parties facilitates a faster convergence of the evolutionary system to a stable state. Agribusinesses are more sensitive to changes in the local government's regulatory intensity compared to farmers. Variations in tax amounts are more effective than subsidy changes in stimulating farmers' enthusiasm for participation in digital rural industry integration. Conversely, agribusinesses are more sensitive to changes in subsidy amounts provided by the local government. Based on the research, minimizing resource waste during the integration process, through means such as technological innovation, contributes significantly to the long-term development of digital rural industry integration.

Keywords: digital technology; rural industry integration; evolutionary game; rural modernization development