

数字化产村融合激活农村闲置资源的演化博弈行为研究

黄小勇^{1,2}, 邹伟², 李世成², 查育新³

(1. 江西师范大学财政金融学院, 江西 南昌 330029;

2. 江西师范大学管理科学与工程研究中心, 江西 南昌 330022

3. 南昌工程学院工商管理学院, 江西 南昌 330029)

摘要:农村资源闲置极大地阻碍了农村经济高质量发展,而数字化产村融合是激活农村闲置资源的重要途径。地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户作为数字化产村融合的主要参与者,其行为将影响数字化产村融合激活农村闲置资源的演化趋势。在构建“地方政府—涉农企业—农村集体经济组织—农户”四方演化博弈模型的基础上,进行数值模拟分析不同参数变化下四方博弈主体的稳定策略和演化趋势。结果表明,相关主体的策略选择由相对净收益决定,地方政府执行力度、农村集体经济组织参与程度与系统向理想状态演化呈正比,地方政府补贴也与其呈正比,但达到一定程度时呈边际递减。最后针对加大地方政府监管力度、完善四方利益联结机制、发挥农村集体经济组织主体优势提出相关建议。

关键词:数字化产村融合;农村闲置资源;演化博弈

中图分类号:F205 文献标识码:A 文章编号:1005-0566(2023)07-0151-17

Research on evolutionary game behavior of digital production and village integration to activate idle rural resources

HUANG Xiaoyong^{1,2}, ZOU Wei², LI Shicheng², ZHA Yuxin³

(1. School of Finance, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

2. Research Center of Management Science and Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

3. School of Business Administration, Nanchang University of Engineering, Nanchang 330029, China)

Abstract: Rural resource idleness is a major obstacle to the high-quality development of the rural economy, and digital production-village integration is an important way to activate idle rural resources. Local governments, agricultural enterprises, rural collective economic organizations, and farmers as the main participants in digital production-village integration. Their behaviors will affect the evolution trend of digital production-village integration that activates idle rural resources. This paper constructs a “local government-agricultural enterprise-rural collective economic organization-farmer” four-party evolutionary game model for digital production-village integration and conducts numerical simulation analysis of the stable strategies and evolutionary trends of the four-party game subjects under different parameter changes. The results show that the strategy selection of relevant subjects is determined by relative net income. The

收稿日期:2023-02-28 修回日期:2023-05-27

基金项目:国家社会科学基金重点项目“数字化背景下激活农村闲置资源的产村融合共生路径研究”(21AGL020)。

作者简介:黄小勇(1977—),男,江西石城人,江西师范大学财政金融学院教授,博士,研究方向为创新与发展管理。通信作者:邹伟。

degree of local government enforcement and the degree of participation of rural collective economic organizations in digital production-village integration is proportional to the system's evolution towards an ideal state. Local government subsidies are also proportional to it, but it shows marginal diminishing returns when it reaches a certain level. Finally, the relevant suggestions are put forward from increasing local government supervision, improving the four-party interest linkage mechanism, and giving full play to the advantages of rural collective economic organizations.

Key words: digital production and village integration; idle rural resources; evolutionary game

一、问题的提出

改革开放 40 多年,农村改革持续推进,农业农村农民发生了翻天覆地的变化,但仍面临城乡发展不平衡,农村发展不充分的问题^[1],导致当前农村资源资产在盘活、流动与保护上还存在障碍,大量农村资源资产“沉睡”,利用率普遍不高^[2]。农村闲置资源的存在不仅降低了农业生产效率和竞争力,还将制约乡村振兴战略的实施,阻碍农村经济高质量发展。产村融合是激活农村闲置资源的重要途径。而数字经济以提供的要素和数据要素和数字技术深刻变革实体经济和社会生活,重塑社会生产、交换、分配、消费新格局^[3],数字技术赋能乡村振兴计划由此实现产村融合^[4],推进乡村振兴战略实施。因而,本文认为数字化产村融合是基于共生发展和绿色发展理念,以融合为基、生态为本、共生为标,运用数字技术使产业、农村、农户、资源围绕生产、生活、生态 3 个维度实现高度融合,筑建宜居宜业、产村景相连、人文融通的循环生态共生体,不仅能够推进数字乡村建设,而且能够盘活大量农村闲置资源,是乡村振兴的有效引擎和持续动力^[5]。

然而,农村数字化产村融合进程依旧面临很大的困境^[6]。数字化发展初期,农村产业处于数字化起步阶段,需要投入大量的数字化专业劳动力和数字化启动成本,但农村“人、地、钱”等生产要素的投入与流动不充分,资本投入增多但资本投入边际效益减少,可能存在“生产率悖论”现象^[7-8],导致农村闲置资源的转化效率增长较慢,数字化产村融合阻力较多,尤其“大国小农”的基本国情^[9],盘活农村闲置资源道阻且长。因此,厘清数字化产村融合行为主体之间的博弈关系,建立长期稳定的互利共生机制,成为数字化产村融合激活农村闲置资源的关键。

二、文献综述

近年来,国内外学者持续关注数字经济、数字技术与产村融合的研究问题,但数字化产村融合激活农村闲置资源的研究尚处于初步阶段,为本文研究留下大量拓展空间。现有研究可分为以下 3 类。

一是数字经济、数字技术对产村融合的影响。徐旭初等^[10]聚焦农村产业数字化,认为产业数字化动态能力和产业攀升能力是影响农业产业数字化转型的核心能力。赫爱民^[11]则从要素流通的角度,发现流通基础设施智慧化、流通渠道数字化、流通产业数字金融服务和流通数字化规模对农村三产融合具有正向促进效应。孟维福等^[12]论证了数字金融能显著促进农村产业融合发展且存在空间溢出效应。陈卫洪等^[13]认为制度环境供给、农业经营主体虚拟产业集群平台、农业社会化服务云平台能够实现数字技术与新型农业经营体系的融合发展。胡卫卫等^[14]认为乡村数字治理能够推动城乡融合发展。上述研究表明数字经济、数字技术对农村农业数字化转型和产村融合具有正向作用。

二是数字经济、数字技术赋能产村融合激活农村闲置资源的路径。向超^[15]从政府和市场两个角度构建农村经济数字化发展的制度路径。邱俊杰等^[16]基于新结构经济学从有为政府、有效市场和有力社会 3 个方面提出乡村产业数字化转型升级的实现路径。谢璐等^[17]提出在社会再生产 4 个环节通过数字生产力助推城乡三大产业融合发展。基于数字乡村建设实践案例,诸多学者提出利用数字技术可实现传统农业生产、经营、交易的数字化转型,并通过农业智慧化、农村数字化和农村电子商务催生新业态推进乡村产业转型升级和一二三产业的有机融合^[18-19],总结出“农业+”“数字+”“生态+”“文化+”“旅游+”“金融+”

“互联网+”等数字经济促进乡村振兴的发展模式与路径^[20-21]。上述研究从理论和实践中探讨总结数字经济、数字技术赋能产村融合的可能路径,为数字化产村融合激活农村闲置资源的路径提供借鉴。

三是数字化产村融合激活农村闲置资源的多主体决策行为。由于创新生态行动者之间的协作对创新扩散具有促进作用,农业产业数字化转型不只涉及数字技术这一外生变量的嵌入,更应涵盖创新过程和结构的交互作用和行为主体的行动模式嬗变^[22-23]。但在传统的数字化产村融合激活农村闲置资源过程中,更多地考虑地方政府、涉农企业、农户等主体两方或三方的博弈关系,如对乡政府、企业和村民三方博弈分析产村融合的合作机制^[24],对媒介自组织与村两委两方博弈分析数字社区公共领域的协同治理模式^[25]。数字化产村融合激活农村闲置资源是由地方政府、农村集体经济组织、涉农企业、农户等多行为主体共同参与的活动。而现有文献鲜有从地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户四方博弈视角来研究数字化产村融合激活农村闲置资源的行为策略关系和演化趋势。

因此,本文针对当前我国数字化产村融合激活农村闲置资源的现状和实现路径,提出数字化产村融合盘活农村闲置资源的作用机制,运用演化博弈理论,分析其主体行为和演化趋势,探索四方协同激励机制,以最大化激活农村闲置资源。与以往研究不同之处在于:一是,分析地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户的博弈关系,构建四方演化博弈模型,全面、完整地分析数字化产村融合激活农村闲置资源的过程中不同参与主体行为策略选择的动态演化路径;二是,基于四方博弈模型进行数值模拟仿真,考察不同参数变化对数字化产村融合激活农村闲置资源相关主体行为策略选择的影响和发展趋势。

三、数字化产村融合激活农村闲置资源的机制分析

(一) 数字化产村融合激活农村闲置资源的作用机制

数字化产村融合是激活农村闲置资源的重要

途径。数字技术的渗透和扩散,为乡村产业提供了链条延伸、业态创新、技术渗透和组织创新的机会,完善农村产业链和创新链,培养组织创新能力,促进农村产业的多元化发展,实现了资源的高效利用和产业的深度融合,建立多维融合的组态结构,推动产村融合的发展,形成数字化产村融合新模式^[26-29]。

数字化产村融合基于共生发展理念,作用于“三生”空间,创造性的构建了“农村闲置资源产业化→产业生态化→生态村景化→村景智慧化”的数字化产村融合激活农村闲置资源的一般路径。即农村闲置资源产业化是基于可持续发展理论和数字化产村融合发展阶段,地方政府支持涉农企业、农村集体经济组织与农户的合作,加快乡村产业数字化水平和完善数字产业规划,采取“龙头公司+合作社+农户”“数字平台+企业+合作社”等模式对闲置绿色、文化、生态及其他特定闲置资源进行共生开发;产业生态化指的是要使农村闲置资源转化为乡村特色优势产业走生态发展之路,按照绿色生产标准与要求,形成产业结构、产业组织、产业生产方式、产业技术创新的产业生态系统,实现资源、产业与生态的共生协调;生态村景化是基于生态位理念,强化涉农企业、农村集体经济组织和农户的生态环境保护意识、优化政府的整体性生态生产生活布局“美”化农村闲置资源,从而形成良好的数字化产村融合生态圈景观,与村庄景色融为一体,宜产宜居;村景智慧化指的是地方政府不断完善乡村信息化基础设施,充分利用“大、智、移、云”等现代信息技术,提升产、村、景的智能化水平,提升乡村智慧农业、数字经济、数字文化、数字服务等方面的能力和水平,推进农村闲置资源数字化、平台化,打造乡村新景观。数字化产村融合激活农村闲置资源一般路径的有效实施,能够促进城乡资源的畅通、互补、整合和优化,使农村闲置资源“涅槃重生”,以实现“资”产合一、产景相连、村景相融的数字化产村融合目标,加快乡村振兴步伐。

(二) 数字化产村融合激活农村闲置资源行为主体的博弈关系

在数字化产村融合激活农村闲置资源过程

中,地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户四方行为主体之间存在明显的利益博弈,需充分发挥行为主体的主动性和积极性,构建互利共生的合作机制。

地方政府是数字化产村融合激活农村闲置资源的调控主体。依据我国《数字乡村发展战略纲要》的战略目标^①及相关政策可知,我国数字化产村融合处于初创期和成长期,需要外部环境和制度政策的大力支持^[30]。地方政府可通过有效的监督手段和激励政策调控数字化产村融合的发展进程,吸引涉农企业参与数字化转型,鼓励农村集体经济组织和农户积极参与数字化产村融合,进而盘活农村闲置资源。同时,地方政府也是数字化产村融合共生发展的监管者,监管城乡要素融合状态是否朝向互利共生状态发展。

涉农企业是数字化产村融合激活农村闲置资源的执行主体。企业是最基本的市场活动主体^[31],在全面脱贫和全面建成小康社会的伟大历史进程中发挥着不可或缺的作用^[32],对农业数字技术的引进和应用持开放态度^[33],能够携带资本、技术、人才等外部要素流入农村,以期实现利润最大化获得要素增值的超额利润,决定数字化产村融合程度和农村闲置资源转化效率。因此,涉农企业的参与数字化产村融合受涉农企业市场收益、乡村产业发展基础、数字生产的投入成本、地方政府财政补贴政策、数字化产村融合程度等因素影响。

农村集体经济组织是数字化产村融合激活农村闲置资源重要的参与主体。农村资源归农村集体经济组织全体成员和农户所有,但大多为固定资产,存在农村资源的低度资本化现象^[34],要推动资源变资产,发挥农村集体经济的主体作用^[35],发展新型农村集体经济,促进农民农村共同富裕^[36]。数字化产村融合发展的实践经验也进一步说明,农村集体经济组织的行为对盘活农村闲置资产,激发农村资源内部要素活力具有重要作用,其参与数字化产村融合程度和激活农村闲置资源水平

受到地方政府和涉农企业的重视。

农户作为从事乡村产业经济活动的最大群体,是农村发展的内生动力^[37],与数字化产村融合发展密切相关,必然是乡村产业数字化转型的实践主体^[38]。农户参与数字化产村融合具有自主选择权,可选择以劳动、土地、技术等要素入股的方式参与到数字化产村融合经营建设过程中,能够吸引农户返乡务工,盘活农村闲置的土地、劳动、生态等资源。同时,农户还具有社会监督作用,能够影响地方政府、涉农企业和农村集体经济组织的社会名誉和社会利益,从而在产村融合过程中对政府和企业行为决策起到引导约束作用。其博弈关系见图 1。

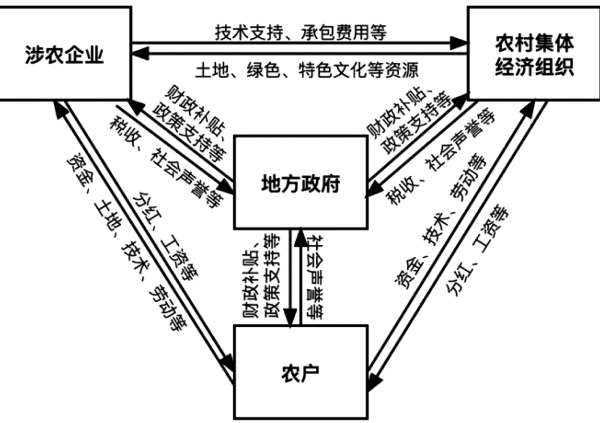


图 1 数字化产村融合激活农村闲置资源行为主体的博弈关系

四、博弈关系分析与模型构建

(一) 博弈关系分析

为了明晰地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户的利益冲突和最优选择,提出以下基本假设。

假设 1:数字化产村融合主体包括地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户,都是有限理性的博弈主体,在信息充分的情况下,根据数字化产村融合演进路径不断调整行为策略,地方政府以实现社会福利最大化为目标,涉农企业以实现利润最大化为目标,农村集体经济组织以集体利润最大化为目标,农户以实现自身利益最大化为目标。

① 《数字乡村发展战略纲要》. http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/16/content_5392269.htm

假设2:地方政府在数字化产村融合过程中有严格监管和不严格监管两种策略选择。地方政府监管数字化产村融合项目的成本为 C_{11} ;涉农企业参与数字化产村融合时给予补贴 D_{11} ,如给予一定时期税收减免、拨付数字化产村融合专项补助资金、引入数字普惠金融平台,并缴纳税收收入 R_{11} ;农村集体经济组织参与数字化产村融合时给予的补贴 D_{12} ,如完善数字化基础设施建设、拨付数字化产村融合专项补助资金、引入数字普惠金融平台,并缴纳税收收入 R_{12} ;农户支持数字化产村融合时给予补贴 D_{13} ,如拨付数字化产村融合专项补助资金、引入数字普惠金融平台;地方政府严格监管时享有较好的社会声誉 F_{11} ,地方政府不严格监管时社会声誉及公信力将损失 F_{12} ,地方政府监管力度为 r ($0 < r < 1$)。

假设3:涉农企业有参与和不参与数字化产村融合两种策略选择。涉农企业参与时需投入运营成本 C_{21} ,如数字化生产过程所需的改造成本、人才引进成本等;涉农企业选择参与且其他三方至少有一方选择积极策略时,涉农企业投入要素与农村闲置资源要素融合将获得额外收益 R_{21} ,收益系数为 ξ ($0 < \xi \leq 1$),否则仅获得基本收益 R_{22} ,同时涉农企业选择参与且其他三方至少有一方选择消极策略时,要素市场化配置范围相对有限,要素流动存在制度性障碍^[39],导致涉农企业将承担资源的损失 S_{21} ;若涉农企业不参与时社会声誉将损失 F_{21} 。

假设4:农村集体经济组织有积极参与和不积极参与数字化产村融合两种策略选择。农村集体经济组织参与需投入运营成本 C_{31} ,如搭建乡村智能平台、农村资源数字化平台、人才引入成本等;农村集体经济组织不积极参与或农村集体经济组织积极参与但其他三方至少一方采取消极策略时,将承担资源闲置带来的潜在损失 S_{31} ,而其他三方至少有一方选择积极策略时,将享有农村闲置资源增值的额外收益 R_{31} ,收益系数为 ω ($0 < \omega \leq 1$),否则仅获得基本收益 R_{32} ;不积极参与时,将承担社会声誉的损失 F_{31} ,农村集体经济组织参

与程度 λ ($0 < \lambda < 1$)。

假设5:农户有支持和不支持数字化产村融合两种策略选择。农户支持需投入成本 C_{41} ,如参与数字化技能培训、购买数字化设备等;农户不支持及农户支持但其他三方至少一方采取消极策略时,将承担资源闲置的损失 S_{41} ;农户支持但其他三方至少一方采取积极策略时,将享有额外收益 R_{41} ,否则仅获得基本收益 R_{42} 。

假设6:地方政府选择严格监管的概率为 x ($0 < x < 1$),则不严格监管的概率为 $1 - x$;涉农企业选择参与的概率为 y ($0 < y < 1$),则不参与的概率为 $1 - y$;农村集体经济组织选择积极参与的概率为 z ($0 < z < 1$),则不积极参与的概率为 $1 - z$;农户选择支持的概率为 p ($0 < p < 1$),则不支持的概率为 $1 - p$ 。

相关变量及含义为表1,并根据四方主体的成本收益分析,得到支付矩阵表2。

(二)均衡策略分析

设地方政府的支付矩阵为 G ,涉农企业的支付矩阵为 E ,农村集体经济组织的支付矩阵为 M ,农户的支付矩阵为 V , G_{ij} 、 E_{ij} 、 M_{ij} 和 V_{ij} 是对应的支付矩阵中第 i 行第 j 列个元素。 g_1 、 e_1 、 m_1 和 v_1 分别表示地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户以概率 x 、 y 、 z 和 p 选择的纯策略, g_2 、 e_2 、 m_2 和 v_2 表示四方博弈主体以概率 $1 - x$ 、 $1 - y$ 、 $1 - z$ 和 $1 - p$ 选择的纯策略。由此可得,地方政府选择严格监管时的期望收益为:

$$E(g_1) = yzpG_{11} + yz(1-p)G_{12} + zp(1-y)G_{13} + z(1-y)(1-p)G_{14} + yp(1-z)G_{21} + y(1-z)(1-p)G_{22} + p(1-y)(1-z)G_{23} + (1-y)(1-z)(1-p)G_{24} \quad (1)$$

选择不严格监管时的期望收益为:

$$E(g_2) = yzpG_{31} + yz(1-p)G_{32} + zp(1-y)G_{33} + z(1-y)(1-p)G_{34} + yp(1-z)G_{41} + y(1-z)(1-p)G_{42} + p(1-y)(1-z)G_{43} + (1-y)(1-z)(1-p)G_{44} \quad (2)$$

地方政府整体的期望收益为:

$$E(x) = xE(g_1) + (1-x)E(g_2) \quad (3)$$

表 1 相关变量及含义

变量		变量说明
地方政府	x	地方政府选择严格监管的概率
	C_{11}	地方政府严格监管数字化产村融合项目的成本
	D_{11}	地方政府严格监管时,对涉农企业参与数字化产村融合项目时给予的补贴;而不严格监管时为 rD_{11}
	D_{12}	地方政府严格监管时,对农村集体经济组织参与数字化产村融合项目时给予的补贴;而不严格监管时为 rD_{12}
	D_{13}	地方政府严格监管时,对农户支持数字化产村融合项目时给予的补贴;而不严格监管时为 rD_{13}
	R_{11}	涉农企业参与数字化产村融合项目需缴纳的税收
	R_{12}	农村集体经济组织参与数字化产村融合项目需缴纳的税收
	F_{11}	地方政府严格监管时享有的良好声誉
	F_{12}	地方政府不严格监管时的声誉损失
	r	地方政府的监管力度,此时监管成本为 rC_{11}
涉农企业	y	涉农企业选择参与的概率
	C_{21}	涉农企业参与数字化产村融合需投入的运营成本
	R_{21}	涉农企业参与且其他三方都采取积极策略获得资源增值的额外收益
	ξ	额外收益系数,涉农企业积极参与但其他三方至少一方采取积极策略时,额外收益为 ξR_{21}
	R_{22}	涉农企业参与数字化产村融合获得的基本收益
	S_{21}	涉农企业参与时,其他三方至少一方采取消极策略将承担的资源损失
	F_{21}	涉农企业不参与时的声誉损失
农村集体经济组织	z	农村集体经济组织选择积极参与的概率
	C_{31}	农村集体经济组织参与数字化产村融合投入的运营成本
	S_{31}	农村集体经济组织不积极参与或积极参与但其他三方至少一方采取消极策略时,将承担的的资源损失
	F_{31}	农村集体经济组织不积极参与数字化产村融合的社会声誉损失
	R_{31}	农村集体经济组织积极参与且其他三方采取积极策略获得资源增值的额外收益
	ω	农村集体经济组织的额外收益系数,若农村集体经济组织积极参与但其他三方至少一方采取积极策略时,额外收益为 ωR_{31} ;不积极参与但其他三方至少一方采取积极策略时,额外收益为 $\lambda \omega R_{31}$
	R_{32}	农村集体经济组织参与产村融合获得资源增值的基本收益
农户	λ	农村集体经济组织的参与程度,此时运营成本为 λC_{31}
	p	农户选择支持的概率
	C_{41}	农户支持数字化产村融合需投入的成本
	S_{41}	农户不支持或支持但其他三方至少一方采取消极策略时将承担的资源闲置损失
	R_{41}	农户支持数字化产村融合获得资源增值的额外收益
	R_{42}	农户支持数字化产村融合获得资源增值的基本收益

类似地,可以得到关于涉农企业的各项期望为:

$$E(e_1) = xzpE_{11} + xp(1-z)E_{21} + zp(1-x)E_{31} + p(1-z)(1-x)E_{41} + zx(1-p)E_{12} + x(1-z)(1-p)E_{22} + z(1-x)(1-p)E_{32} + (1-x)(1-z)(1-p)E_{42} \quad (4)$$

$$E(e_2) = xzpE_{13} + xp(1-z)E_{23} + zp(1-x)E_{33} + p(1-z)(1-x)E_{43} + zx(1-p)E_{14} + x(1-z)(1-p)E_{24} + z(1-x)(1-p)E_{34} + (1-x)(1-z)(1-p)E_{44} \quad (5)$$

$$E(y) = yE(e_1) + (1-y)E(e_2) \quad (6)$$

关于农村集体经济组织的各项期望为:

$$E(m_1) = xypM_{11} + xy(1-p)M_{12} + xp(1-y)M_{13} + x(1-y)(1-p)M_{14} + yp(1-x)M_{31} + y(1-x)(1-p)M_{32} + p(1-x)(1-y)M_{33} + (1-x)(1-y)(1-p)M_{34} \quad (7)$$

$$E(m_2) = xypM_{21} + xy(1-p)M_{22} + xp(1-y)M_{23} + x(1-y)(1-p)M_{24} + yp(1-x)M_{41} + y(1-x)(1-p)M_{42} + p(1-x)(1-y)M_{43} + (1-x)(1-y)(1-p)M_{44} \quad (8)$$

$$E(z) = zE(m_1) + (1-z)E(m_2) \quad (9)$$

关于农户的各项期望为:

$$E(v_1) = xyzV_{11} + xy(1-z)V_{21} + yz(1-x)V_{31} + y(1-x)(1-z)V_{41} + xz(1-y)V_{13} + x(1-y)(1-z)V_{23} + z(1-x)(1-y)V_{33} + (1-x)(1-y)(1-z)V_{43} \quad (10)$$

$$E(v_2) = xyzV_{12} + xy(1-z)V_{22} + yz(1-x)V_{32} + y(1-x)(1-z)V_{42} + xz(1-y)V_{14} + x(1-y)(1-z)V_{24} + z(1-x)(1-y)V_{34} + (1-x)(1-y)(1-z)V_{44} \quad (11)$$

$$E(p) = pE(v_1) + (1-p)E(v_2) \quad (12)$$

表2 地方政府—涉农企业—农村集体经济组织—农户四方演化博弈阶段支付矩阵

变量			涉农企业			
			农户参与		农户不参与	
			支持	不支持	支持	不支持
地方政府	农村集体经济组织严格监管	积极参与	$-C_{11} - D_{11} - D_{12} - D_{13} + F_{11} + R_{11} + R_{12},$ $-C_{21} + R_{21} + R_{22} + D_{11},$ $-C_{31} + R_{31} + R_{32} + D_{12},$ $-C_{41} + R_{41} + R_{42} + D_{13}$	$-C_{11} - D_{11} - D_{12} + F_{11} + R_{11} + R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + D_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + \omega R_{31} + R_{32} + D_{12},$ $-S_{41} - D_{13}$	$-C_{11} - D_{12} - D_{13} + F_{11} + R_{12},$ $-F_{21} - D_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + \omega R_{31} + R_{32} + D_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + D_{13}$	$-C_{11} - D_{12} + F_{11} + R_{12},$ $-F_{21} - D_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + \omega R_{31} + R_{32} + D_{12},$ $-S_{41} - D_{13}$
		不积极参与	$-C_{11} - D_{11} - D_{12} - D_{13} + F_{11} + \xi R_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + D_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + D_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + D_{13}$	$-C_{11} - D_{11} - D_{12} + F_{11} + \xi R_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + D_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + D_{12},$ $-S_{41} - D_{13}$	$-C_{11} - D_{12} - D_{13} + F_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-F_{21} - D_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + D_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + D_{13}$	$-C_{11} - D_{12} + F_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-F_{21} - D_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + D_{12},$ $-S_{41} - D_{13}$
	农村集体经济组织不严格监管	积极参与	$-rC_{11} - rD_{11} - rD_{12} - rD_{13} - F_{12} + \xi R_{11} + \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + rD_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + \omega R_{31} + R_{32} + rD_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{11} - rD_{12} - F_{12} + \xi R_{11} + \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + rD_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + \omega R_{31} + R_{32} + rD_{12},$ $-S_{41} - rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{12} - rD_{13} - F_{12} + \omega R_{12},$ $-F_{21} - rD_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + \omega R_{31} + R_{32} + rD_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{12} - F_{12} + \omega R_{12},$ $-F_{21} - rD_{11},$ $-C_{31} - S_{31} + R_{32} + rD_{12},$ $-S_{41} - rD_{13}$
		不积极参与	$-rC_{11} - rD_{11} - rD_{12} - rD_{13} - F_{12} + \xi R_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{11} - rD_{12} - F_{12} + \xi R_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + R_{22} + rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-S_{41} - rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{12} - rD_{13} - F_{12} + \lambda \omega R_{12},$ $-F_{21} - rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + rD_{13} + R_{42}$	$-rC_{11} - rD_{12} - F_{12} + \lambda \omega R_{12},$ $-F_{21} - rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-S_{41} - rD_{13}$
		不积极参与	$-rC_{11} - rD_{11} - rD_{12} - rD_{13} - F_{12} + \xi R_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + R_{41} + R_{42} + rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{11} - rD_{12} - F_{12} + \xi R_{11} + \lambda \omega R_{12},$ $-C_{21} - S_{21} + R_{22} + rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-S_{41} - rD_{13}$	$-rC_{11} - rD_{12} - rD_{13} - F_{12} + \lambda \omega R_{12},$ $-F_{21} - rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-C_{41} - S_{41} + rD_{13} + R_{42}$	$-rC_{11} - rD_{12} - F_{12} + \lambda \omega R_{12},$ $-F_{21} - rD_{11},$ $-\lambda C_{31} - F_{31} - S_{31} + \lambda \omega R_{31} + \lambda R_{32} + rD_{12},$ $-S_{41} - rD_{13}$

(三)模型求解

为了探究地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户的长期博弈行为和策略选择问题,引入时间因素,利用复制动态方程刻画不同策略选择的概率随时间演化的结果。各方的复制动态微分方程为:

$$\frac{dx}{dt} = x[E(g_1) - E(x)] \quad (13)$$

$$\frac{dy}{dt} = y[E(e_1) - E(y)] \quad (14)$$

$$\frac{dz}{dt} = z[E(m_1) - E(z)] \quad (15)$$

$$\frac{dp}{dt} = p[E(v_1) - E(p)] \quad (16)$$

代入式(1)~式(12),可得各方具体复制动态方程为:

$$\frac{dx}{dt} = x(1-x) \left(F_{11} + F_{12} + (1-r)(pD_{13} - D_{12} - C_{11} + yD_{11}) + (1-\omega)zR_{12} + (1-\xi)yzR_{11} \right) \quad (17)$$

$$\frac{dy}{dt} = y(1-y) \left(F_{21} - C_{21} + R_{22} - S_{21} + pxzS_{21} + 2(x-r-rx)D_{11} + (p+x+z)\xi R_{21} + (z-\xi)pxR_{21} - (p+x)\xi zR_{21} + z(x-z)(F_{21} + rD_{11} - pF_{21} - prD_{11}) \right) \quad (18)$$

$$\frac{dz}{dt} = z(1-z) \left(\frac{-S_{31} + (\lambda + x - 2)(C_{31} - R_{32}) + (1-x)rD_{12} + (1-\lambda+y)\omega R_{31} - \omega p(x+y)R_{31} + (p-\omega)xyR_{31}}{(1-x-y+xy)zR_{41} + xyzS_{41}} \right) \quad (19)$$

$$\frac{dp}{dt} = p(1-p) \left(\frac{R_{42} - C_{41} + 2(r+x-rx)D_{13} + (x+y-xy)R_{41}}{(1-x-y+xy)zR_{41} + xyzS_{41}} \right) \quad (20)$$

(四) 博弈主体策略稳定性分析

令 $dx/dt=0, dy/dt=0, dz/dt=0, dp/dt=0$, 求解非线性方程组可得地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户四方演化博弈的均衡点, 此方程有 2^4 即 16 个纯策略均衡解, 分别为 $(0,0,0,0)$ $(0,0,0,1)$ $(0,0,1,0)$ $(0,1,0,0)$ $(0,1,0,1)$ $(0,1,1,0)$ $(0,1,1,1)$ $(1,0,0,0)$ $(1,0,0,1)$ $(1,0,1,0)$ $(1,0,1,1)$ $(1,1,0,0)$ $(1,1,0,1)$ $(1,1,1,0)$ 和 $(1,1,1,1)$ 及 1 个混合策略平衡点 (x^*, y^*, z^*, p^*) , 且 $x^*, y^*, z^*, p^* \in (0,1)$, 其余解经验证均不存在。运用雅可比矩阵局部渐近稳定分析法进行复制动态方程(17)~方程(20)均衡点的稳定性分析, 通过对复制动态方程组求偏导数可得到雅可比矩阵。

(五) 结果讨论稳定性条件分析

将公式求得的均衡点带入雅可比矩阵, 进一步计算每个均衡点的特征根, 依据博弈理论和李雅普诺夫第一法可知假如雅可比矩阵的特征根均具有负实部, 则微分方程组的均衡点是渐近稳定的; 假如雅可比矩阵有正实部特征根, 则微分方程组的均衡点是不稳定的; 假如雅可比矩阵没有正实部特征根, 但是有零根或有零实部特征根, 则微分方程组的均衡点可能是稳定的也可能是不稳定的, 需进一步观察零根或有零实部特征根的重数是否等于 1。基于此, 17 个均衡点中可以得到 4 个稳定点, 分别为 $(1,1,1,1)$ $(0,1,1,1)$ $(0,0,1,1)$ 和 (x^*, y^*, z^*, p^*) 。

情形 1 稳定点 $(0,0,1,1)$ 表示(地方政府不严

格监管, 涉农企业不参与, 农村集体经济组织积极参与, 农户支持), 稳定条件是 $(r-1)(C_{11} + D_{12} + D_{13}) + F_{11} + F_{12} + (1-\omega)R_{12} < 0, -C_{21} - S_{21} + \xi R_{21} + R_{22} + 2rD_{11} + F_{21} < 0, -(\lambda-2)(C_{31} - R_{32} - \omega R_{31}) + S_{31} - rD_{12} < 0, C_{41} - R_{41} - R_{42} - 2rD_{13} < 0$ 。此时基于农村集体资源利润最大化目标, 农村集体经济组织积极参与数字化产村融合盘活农村闲置, 可获得资源增值的收益与地方政府的补贴, 有效弥补不积极参与的运营成本节约和其他参与主体消极策略下的资源损失, 即农村集体经济组织积极参与相对净收益大于 0。农户支持所需投入的成本小于所获得的资源增值收益和政府补贴之和, 即农户支持数字化产村融合相对净收益大于 0。而地方政府严格监管的成本大于从农村集体经济组织取得的税收, 即严格监管相对于净收益小于 0, 地方政府降低监管力度。此时, 涉农企业运营成本和资源错配造成的损失大于从地方政府获得的补贴、参与数字化产村融合获得的资源增值收益及不参与所造成的社会声誉损失之和, 即地方政府不严格监管、涉农企业不参与的消极执行总是最优策略。在此情景下, 地方政府的引导作用尚未发挥最大效用, 未能吸引涉农企业参与数字化产村融合, 仅依靠农村经济合作组织和农户实现内循环尚不能解决农村发展之困。

情形 2 稳定点 $(0,1,1,1)$ 表示(地方政府不严格监管, 涉农企业参与, 农村集体经济组织积极参与, 农户支持), 稳定条件是 $-(1-r)(C_{11} + D_{11} + D_{12} + D_{13}) + F_{11} + F_{12} + (1-\xi)R_{11} + (1-\omega)R_{12} < 0, C_{21} + S_{21} - \xi R_{21} - R_{22} - 2rD_{11} - F_{21} < 0, -(\lambda-2)(C_{31} - R_{32} - \omega R_{31}) + S_{31} - rD_{21} < 0, C_{41} - R_{41} - R_{42} - 2rD_{13} < 0$ 。与情形 1 相比, 涉农企业考虑到农村集体经济组织积极参与和农户支持, 且参与数字化产村融合有利于涉农企业数字化转型, 实现产业链延长和价值链升级^[40], 获得资源增值收益和政府不严格监管下的补贴, 能够有效弥补不参与时的社会声誉损失和城乡资源错配下可能的损失, 选择参与数字化产村融合。农村集体经济组织因涉农企业的参与,

城乡资源融合获得的额外收益增加,资源闲置的损失减少,即农村集体经济组织相对净收益大于0;农户考虑涉农企业的参与、农村集体经济组织积极参与,投入成本和资源闲置带来的损失小于支持所获得的基本收益和额外收益,仍选择支持策略。此种情景是数字化产村融合稳健期的理想状态,即地方政府不严格监管,涉农企业、农村集体经济组织和农户仍采取积极策略,形成内外循环的共生发展态势。但现实中,由于我国数字化产村融合仍处于初步探索阶段,需投入大量资源,地方政府仍是数字化产村融合的主要力量,若地方政府不严格监管,给予数字化产村融合配套支持,涉农企业仍将选择不参与。

情形3 稳定点 $(1,1,1,1)$ 表示(地方政府严格监管,涉农企业参与,农村集体经济组织积极参与,农户支持),稳定条件是 $(1-r)(C_{11}+D_{11}+D_{12}+D_{13})-F_{11}-F_{12}-(1-\xi)R_{11}-(1-\omega)R_{12}<0$, $C_{21}-R_{21}-R_{22}-2D_{11}-F_{21}<0$, $(1-\lambda)(C_{31}-R_{32})-(1-\lambda\omega)R_{31}-S_{31}-F_{31}<0$, $C_{41}-S_{41}-R_{41}-R_{42}-2D_{13}<0$ 。与情形2相比,地方政府严格监管的税收收入和社会声誉,可有效弥补不严格监管的成本节约、社会声誉损失、税收损失时,地方政府加大监管力度,选择严格监管策略。涉农企业考虑到地方政府严格监管、农村集体经济组织积极参与和农户支持,数字化产村融合适配度高,资源增值收益增加,选择参与数字化产村融合。农村集体经济组织积极参与时农村集体资源增值的增量,可有效弥补不积极参与的社会声誉损失、农村资源闲置的损失和收益损失时,选择积极参与策略。农户需考虑支持数字化产村融合需投入的成本及获得的收益,相对净收益为正时,选择支持策略。在现实中,地方政府严格监管、涉农企业参与、农村集体经济组织积极参与及农户支持是数字化产村融合初创期或成长期发展的最优选择,由于数字乡村建设面临的困境,地方政府仍需占据主导力量,各方合力将营造较好数字化产村融合发展的营商环境,有利于数字化产村融合地开展,形成良性的城乡融合共生发展新格局。

情形4 稳定点 (x^*, y^*, z^*, p^*) 表示地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户都分别以一定概率选择严格监管、参与、积极参与和支持策略。地方政府为数字乡村建设和乡村振兴的需要选择严格监管,农村集体经济组织作为农村集体资源的所有者,发展新型集体经济盘活农村闲置资源选择积极参与策略,涉农企业基于利润最大化目标、农村特色资源情况、农村数字化配套水平及地方政府的政策情况进行观望再决定参与或不参与,涉农企业如果不参与不仅会错失数字化转型新机遇^[41],丧失整合产业链、供应链的机会,也会承受一定的社会声誉损失,如果参与则会得到一定的政府补贴和农村资源融合价值增值的收益,基于自身利益最大化考虑选择参与,于是农户选择支持的概率也相应增大。随着涉农企业参与、农村集体经济组织积极参与、农户支持使得地方政府补贴不断增加,地方政府将择机选择不严格监管,于是四方博弈主体都会选择混合策略。

五、四方演化博弈仿真分析

根据博弈理论和实地调研分析数字化产村融合主体之间的博弈关系, $(1,1,1,1)$ 表示地方政府严格监管,涉农企业参与,农村集体经济组织积极参与和农户支持的情况是我国数字化产村融合发展初始阶段理想的稳定状态。为进一步研究地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户四方博弈的演化趋势,本文将在 $(1,1,1,1)$ 情形下分析不同参数改变后四方主体的策略选择进行仿真分析。

(一)系统仿真的初始设置

初始时,假设地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户分别选择严格监管、参与、积极参与和支持策略的概率为 $[0.5, 0.5, 0.5, 0.5]$,横轴代表时间 t ,纵轴代表地方政府、涉农企业、农村集体经济组织 z 和农户 p 选择参与的概率,分别为 x 、 y 、 z 和 p 。令 $r=0.5$, $\xi=0.5$, $\lambda=0.5$, $\omega=0.5$, $C_{11}=5$, $D_{11}=4$, $D_{12}=7$, $D_{13}=1$, $F_{11}=3$, $F_{12}=5$, $R_{11}=3$, $R_{12}=1$, $C_{21}=8$, $S_{21}=2$, $R_{21}=6$, $R_{22}=2$, $F_{21}=1$, $C_{31}=7$, $S_{31}=3$, $R_{31}=5$, $R_{32}=2$, $F_{31}=1$

2, $C_{41} = 2, S_{41} = 1, R_{41} = 2, R_{42} = 1$, 初始状态系统演化博弈仿真如图 2。可以发现, 涉农企业首先向参与方向演进, 并在 $t = 1.5$ 时参与概率趋近于 1, 即接近于稳态。农村集体经济组织和农户也向积极参与和支持方向演进, 考虑到数字化产村融合的持续推进和地方政府的重视逐渐加强, 基于集体收益最大化和自身收益最大化, 最终在 $t = 2$ 时到达稳定状态。地方政府随着涉农企业参与、农村集体经济组织积极参与和农户支持概率的增加其监管力度不断增加, 系统于 $t = 4$ 时最终达到{严格监管, 参与, 积极参与, 支持}数字化产村融合初始阶段理想稳定状态。说明随着数字化技术的扩散, 涉农企业基于产业链延伸、价值链凝结的需要, 逐步重视产业数字化转型, 参与数字化产村融合, 从而促进农村形成新型集体经济模式, 盘活农村闲置资源。同时, 随着数字化产村融合行为主体融合度的增强, 地方政府为保障区域内数字化产村融合有序发展, 需严格监管数字化产村融合运营状态, 同时注重农村承载能力和农村资源利用状态, 促进数字化产村融合的循环共生发展, 从而实现城乡资源双向流动^[42], 推进农业农村现代化。

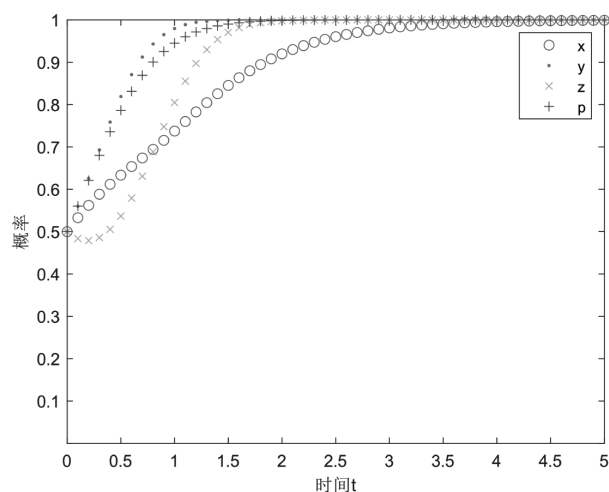


图2 四方博弈初始策略仿真

(二) 参数变化对系统的影响

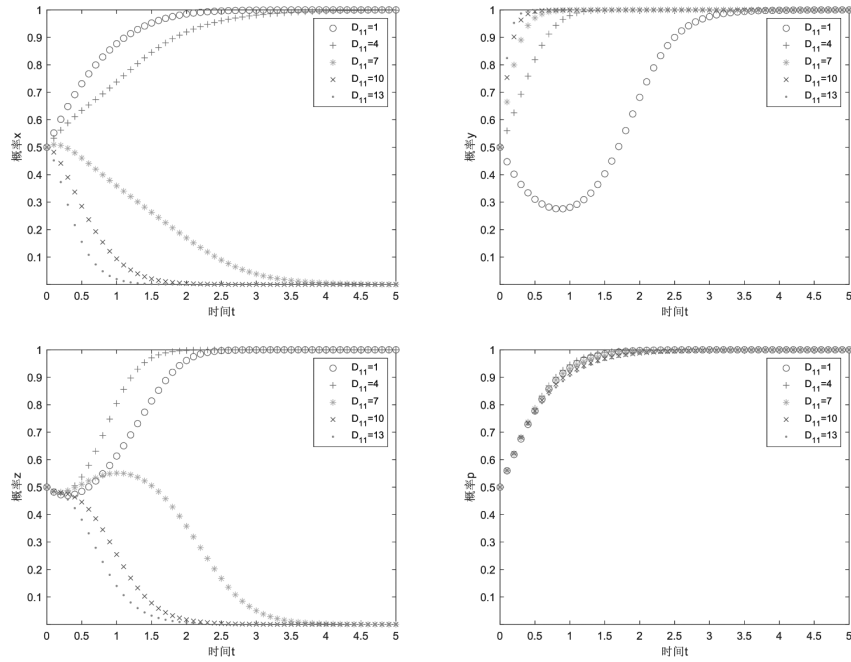
1. 地方政府对涉农企业的补贴 D_{11} 对系统的影响

在其他参数不变的情况下, 提高地方政府对涉农企业的补贴水平, 即对涉农企业补贴由 $D_{11} =$

1 逐步提高到 D_{11} 等于 4、7、10、13 时, 随着 D_{11} 的取值变化, 对地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户策略选择的影响为图 3。当 $D_{11} = 1、4$ 时, 地方政府将分别在 t 等于 2、3.5 时严格监管的概率演化到 1; 当 D_{11} 等于 7、10、13 时, 地方政府朝着不严格监管方向演进, 并在 t 等于 4、2、1.5 时, 严格监管的概率演化到 0。此外, D_{11} 的变化也会影响涉农企业参与的概率, 随着 D_{11} 的逐渐增加, 涉农企业选择参与策略的时间越短, 并且当 D_{11} 等于 7、10、13 时, 涉农企业向参与方向演进, 基本都于 $t = 0.8$ 时参与概率为 1; 但在 $D_{11} = 1$ 时, 涉农企业先朝不参与方向演进, 此时农村集体经济组织也朝不积极参与再缓慢向积极参与方向演进。 D_{11} 的逐渐增加对农村集体经济组织产生振荡影响, 当 D_{11} 等于 1、4 时, 农村集体经济组织将分别在 t 等于 2.5、2 时, 朝着积极参与策略方向演进; 当 D_{11} 等于 7、10、13 时, 朝着不积极参与方向演进, 此时地方政府也向不严格监管演进, 但对农户选择支持的概率几乎没有影响。由此可见, 加大地方政府对涉农企业的补贴, 将加快涉农企业向积极参与策略的演化进程, 但 D_{11} 到达一定程度时, 地方政府对数字化产村融合的高额补贴难以为继, 并最终向不严格监管方向演化, 而农村集体经济组织也将随着地方政府的演化先朝积极参与演进, 但最终也朝不积极参与方向演进。因此, 地方政府需基于权责利关系, 对涉农企业进行适当的补贴, 既引导涉农企业参与, 又保障系统朝理想状态演进。

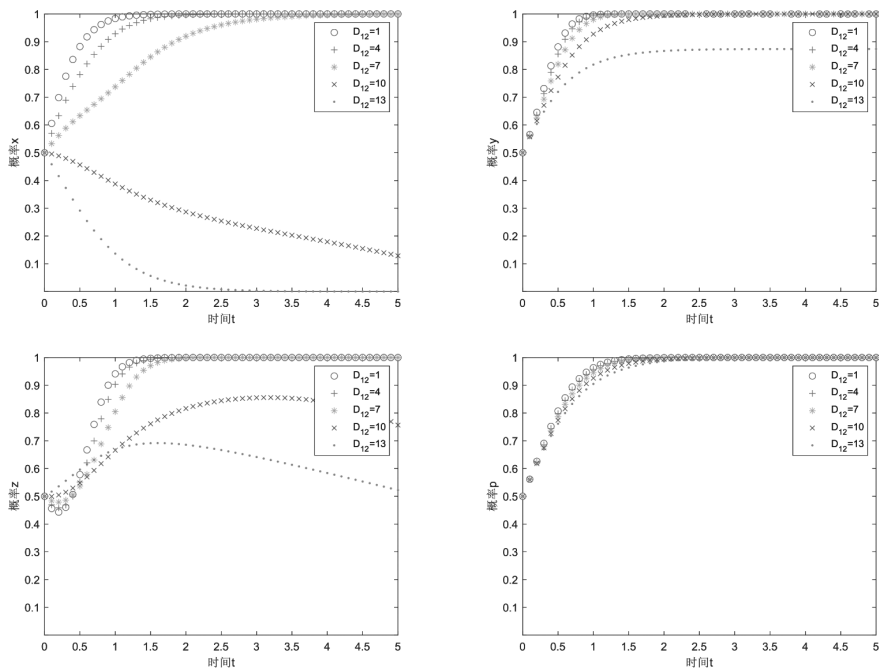
2. 地方政府对农村集体经济的补贴 D_{12} 对系统的影响

在其他参数不变的情况下, 提高地方政府对农村集体经济组织的补贴水平, 即对农村集体经济组织的补贴由 $D_{12} = 1$ 逐步提高到 D_{12} 等于 4、7、10、13 时, 对地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户策略选择的影响为图 4。当 D_{12} 等于 1、4、7 时, 地方政府将分别在 t 等于 1.5、2、3.5 时严格监管概率演化至 1; 当 D_{12} 等于 10、13 时, 地方政府将会朝向不严格监管方向演进, 且 $D_{12} = 10$ 时地方政府在 $t = 5$ 时刻处严格监管概率约为 0.13, $D_{12} = 13$ 时在 $t = 2.5$ 处严格监管的概率演化至 0。此外, D_{12} 的


 图3 D_{11} 变化四方博弈仿真

变化也将影响农村集体经济组织积极参与的概率,当 D_{12} 等于 1、4、7 时农村集体经济组织向积极参与方向演进,基本都于 $t=1.7$ 时参与概率演化至 1;当 D_{12} 等于 10、13 时,先向积极参与演进然后出现一定程度的后弯,农村集体经济组织选择与地方政府选择密切相关。而涉农企业也随着 D_{12} 的变化发生改变,当 D_{12} 等于 1、4、7 时涉农企业向参与方向演进,基本都于 $t=1.2$ 时参与概

率演化到 1;当 $D_{12}=10$ 时,涉农企业在 $t=2.5$ 时参与概率为 1;当 $D_{12}=13$ 时,涉农企业在 $t=5$ 时刻参与的概率约为 0.88,此时对农户策略的选择基本没有影响。由此可见,地方政府对农村集体经济组织补贴达到一定程度,地方政府监管力度下降,并向不严格监管演进,而农村集体经济组织和涉农企业的策略选择与地方政府策略选择呈正相关。


 图4 D_{12} 变化四方博弈仿真

3. 地方政府对农户的补贴 D_{13} 对系统的影响

在其他参数不变的情况下,提高地方政府对农户的补贴水平,即对农户的补贴由 $D_{13} = 1$ 逐步提高到 D_{13} 等于 4、7、10、13 时,对地方政府、涉农企业策略、农村集体经济组织和农户策略选择的影响为图 5。 D_{13} 的变化也会影响农户支持的概率,随着 D_{13} 的逐渐增加,农户选择支持策略的时间越短,速率越快,这是由于 D_{13} 的增加使农户支持时相对净收益越大,从而激励农户支持数字化产村融合。此外当 $D_{13} = 1$ 时,地方政府将在 $t = 4$ 时严格监管概率演化到 1;当 $D_{13} = 4$ 时,地方政府在 $t = 4$ 时严格监管的概率为 0;当 D_{13} 等于 4、7、10、13 时,将会朝向不严格监管方向演进,基本于 $t = 2.5$ 时严格监管的概率演化至 0,这是因为我国农村人口庞大,第三次人口普查显示我国普通农户接近

2.26 亿户^②,提高对农户的补贴水平将提升地方政府财政支持力度,从而增加地方政府监管难度。当 $D_{13} = 1$ 时,农村集体经济组织将在 $t = 2$ 时积极参与的概率为 1;当 $D_{13} = 4$ 时,先朝积极参与再朝不积极参与演进,于 $t = 4$ 时不积极参与的概率为 1;当 D_{13} 等于 7、10、13 时,将朝不积极参与方向演进,基本于 $t = 2.5$ 时积极参与的概率趋向于 0。 D_{13} 的变化也对涉农企业有一定影响, D_{13} 的逐渐增大,涉农企业参与概率为 1 所需时间越长,当 $D_{13} = 13$ 时涉农企业参与的概率为 0.72。在数字化产村融合发展过程中,由于农村集体经济组织和涉农企业的策略选择跟随地方政府行动,因此地方政府对农户的补贴需控制在合理范围,否则高额庞大的补贴对数字化产村融合的可持续发展具有抑制作用。

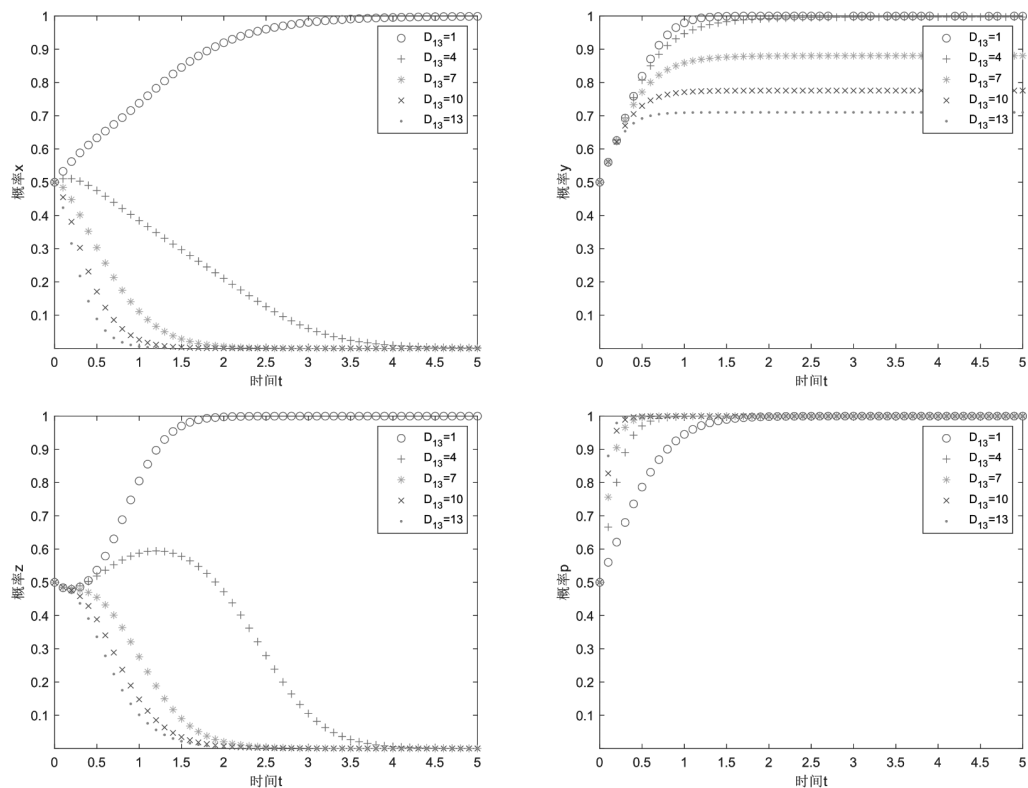


图 5 D_{13} 变化四方博弈仿真

4. 地方政府执行力度 r 对系统的影响

在其他参数不变的情况下,改变地方政府执行力度对系统演化的影响为图 6。随着 r 的增加,

地方政府向严格监管的方向不断演进,涉农企业、农村集体经济组织和农户也会受 r 的影响,且 r 越大其概率趋向于 1 的速度更快,时间更短。值得注

^② 第三次农业普查. <http://www.stats.gov.cn/sj/pcsj/nypc/202302/U020230223531273769774.pdf>.

意的是当 $r=0.1$ 和 $r=0.3$,地方政府严格监管的概率分别将在 $t=1$ 和 $t=1.5$ 时演化至0,涉农企业参与的概率分别在 $t=2$ 和 $t=4$ 时演化至0,而农村集体经济组织积极参与的概率则分别在 $t=1$ 和 $t=1.5$ 时演化到0。在农村集体资源资产化程度低且集体经济薄弱的乡村,数字化乡村建设

缺乏物质基础^[43],而 r 的增加代表地方政府监管能力的强化,使得涉农企业、农村集体经济组织和农户获得的补贴增加,从而收益增加并给予地方政府更高的社会声誉,形成数字化产村融合的合力,促进数字化产村融合合作稳定、持续发展。

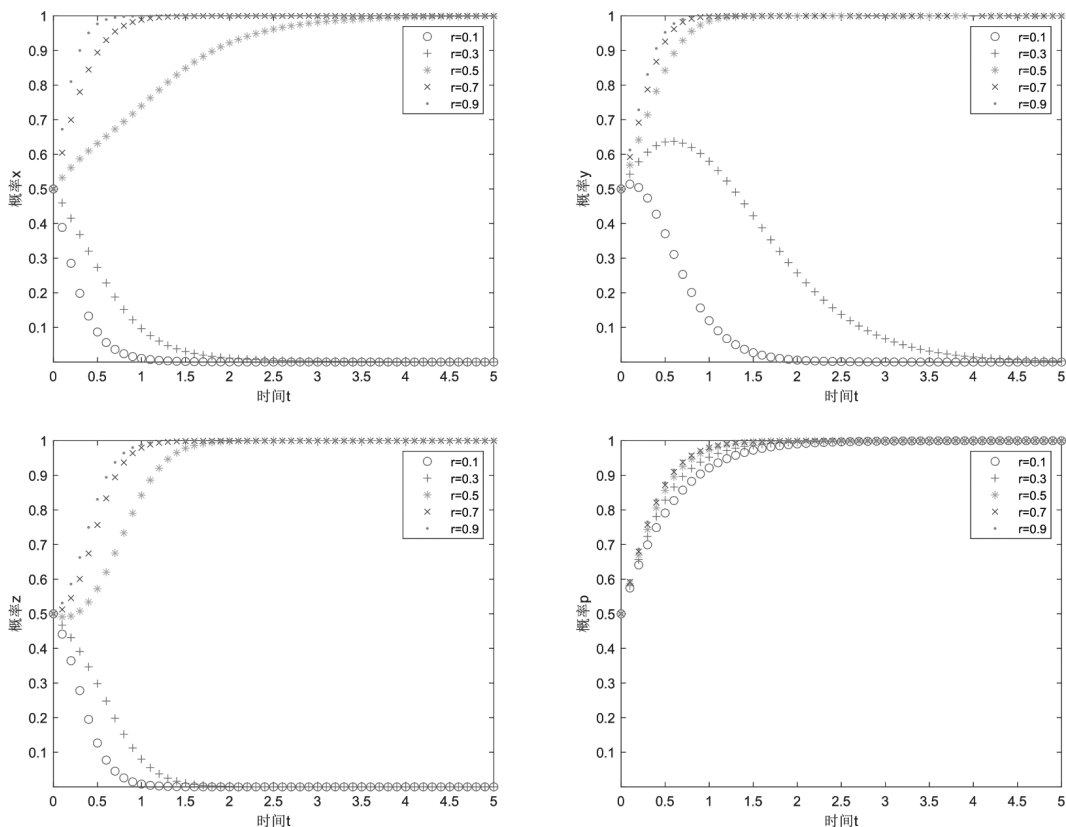


图6 r 变化四方博弈仿真

5. 农村集体经济组织参与程度 λ 对系统的影响

在其他参数不变的情况下,设农村集体经济组织参与程度 λ 分别为0.1、0.3、0.5、0.7和0.9,对系统演化的影响为图7。由图7可知,随着 λ 的增加,地方政府、涉农企业和农户策略均衡的时间没有太大变化,随着时间的推移,均逐渐稳定。而农村集体经济组织积极参与的概率越来越快地趋近于1,这是因为在数字化产村融合的过程中,由于政策的稳定性,地方政府加强对农业和农村产业融合数字化转型的政策支持^[44],加快农村地区发展新格局建设,引导农村集体经济组织自发提

高参与数字化产村融合的程度,并基于当地特色资源发展优势产业,开办农村合作社等一系列农村集体经济组织形式。此时,由于农村集体经济组织获得较高额外收益,可以强化农村集体经济的主体地位,发挥集体经济带动作用,促进村域土地、劳动力、资本、技术、数据资源统筹配置^[45],实现数字化产村融合短、中、长产业结合,促使数字化产村融合发展。同时,系统内各主体博弈产生羊群效应,都朝着理想状态演化。因此,农村集体经济组织可根据当前数字化产村融合发展现状可适当提高积极参与水平,以促进地方政府选择严格监管策略。

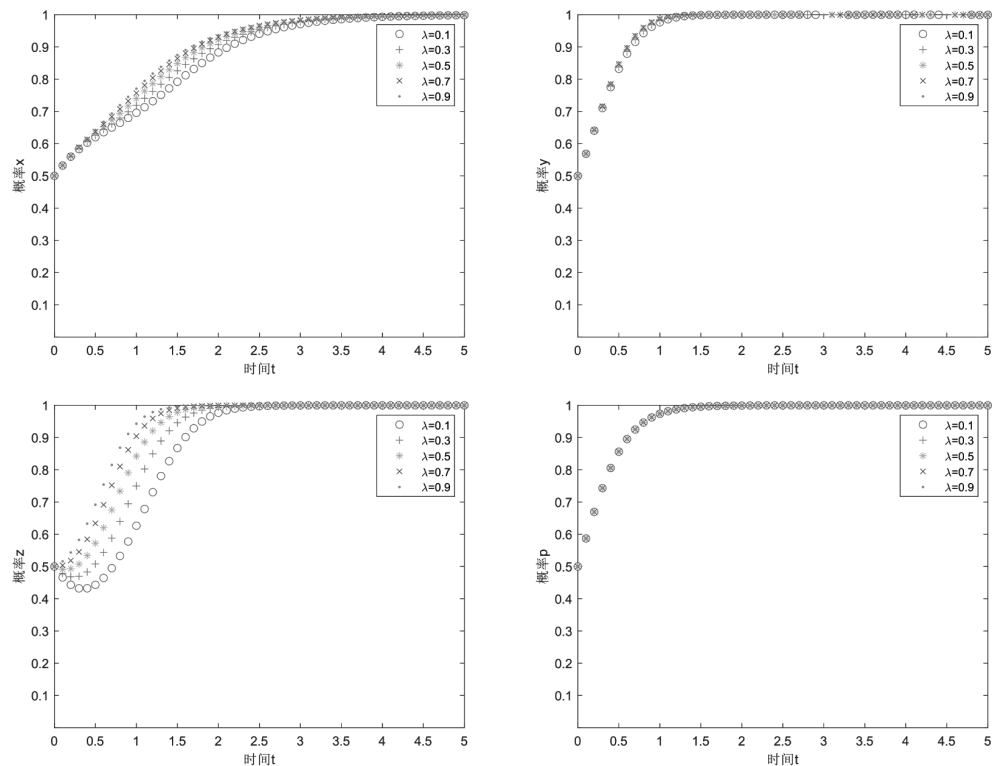


图 7 λ 变化四方博弈仿真

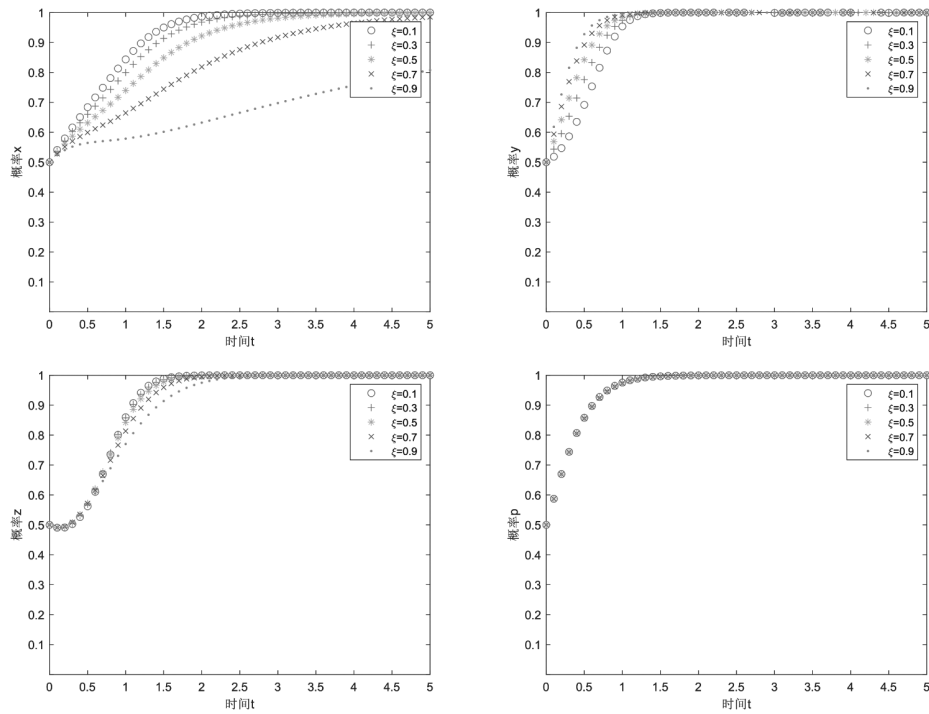
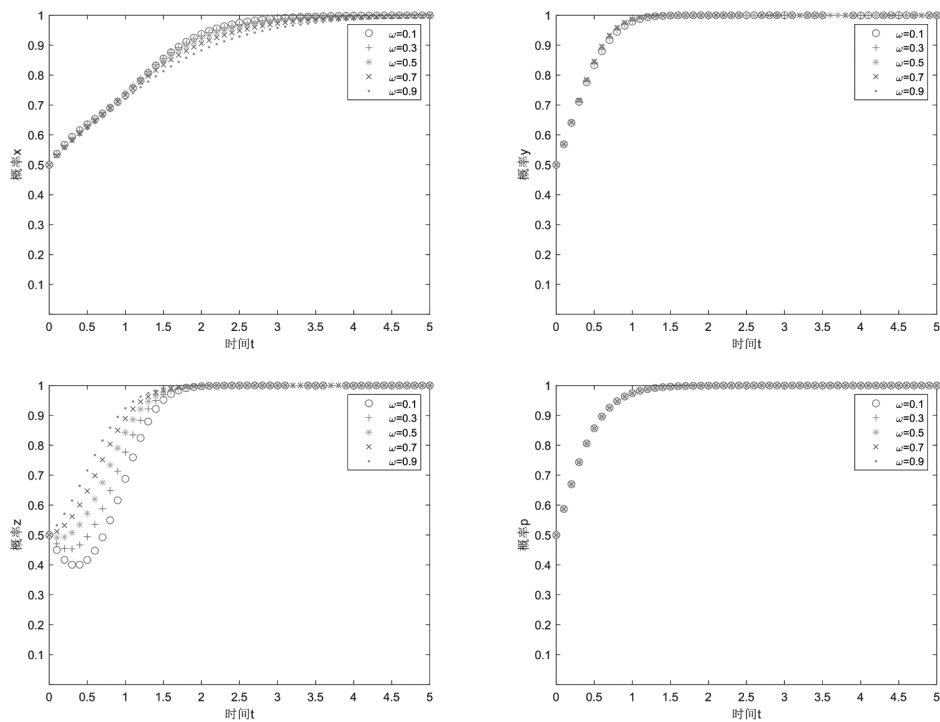
6. 涉农企业收益系数 ξ 对系统的影响

在其他参数不变的情况下,设 ξ 的取值分别为 0.1、0.3、0.5、0.7 和 0.9,对系统演化的影响为图 8。随着 ξ 的逐渐增大,地方政府严格监管达成均衡的时间逐渐增加,而农村集体经济组织达成均衡的时间轻微变化且呈递增趋势,对农户的演化策略基本没有影响。对于地方政府, ξ 的增大给其带来额外的税收收入,可在一定程度上使其逐渐选择严格监管策略,但 ξ 越大说明各种主体采取积极策略的可能性越大,地方政府补贴和监管成本增加,势必会延长其决策时间,从而延缓选择严格监管策略。而当地方政府延缓达成严格监管策略均衡时,农村集体经济组织需提高参与水平以促使涉农企业和农户选择参与或支持策略,需投入更多的数字化产村融合的运营成本,导致农村集体经济组织延缓达成策略均衡。因此,涉农企业收益系数越大,一方面涉农企业参与数字化产村融合能够获得资源的整合、优化和升级,投入资源的损失越少;另一方面说明数字化产村融合程度的增强,地方政府监管的成本加大,当数字化产村融合发展到一定程度时,地方政府将逐渐降低

监管力度使涉农企业充分发挥其市场作用。

7. 农村集体经济组织收益系数 ω 对系统的影响

其他参数不变的情况下,设 ω 的取值分别为 0.1、0.3、0.5、0.7 和 0.9,对系统演化的影响为图 9。随着 ω 逐渐增大,农村集体经济组织向积极参与策略演化的速率越快且时间呈递减趋势,地方政府向严格监管演化监管的时间逐渐增加,对涉农企业和农户的演化策略基本没有影响。这主要是由于农村集体经济组织的收益值和数字化产村融合的程度密切相关,当 ω 越大时说明各主体采取积极政策的可能性越大,融合程度越高,农村资源资产化能力越强,利润率越高。当投入成本一定时,农村经济组织所获得的额外收益增加,农村集体经济组织向积极参与的趋势呈指数型增长。因此,农村集体经济组织收益系数越大,一方面随着农村集体经济组织数字化技术水平的提高,大量的集体性资源得以盘活;另一方面数字化产村融合进入稳定时期,数字化产村融合微观主体形成循环共生状态,地方政府将逐渐放松监管力度,充分发挥集体经济的主体作用。

图8 ξ 变化四方博弈仿真图9 ω 变化四方博弈仿真

六、结论与建议

(一) 结论

(1) 四方演化博弈系统的 16 个纯策略点中, 共有 3 个条件稳定, 其余 13 个均衡点在任何情况下都不稳定。3 个条件均衡点代表数字化产村融合激活农村闲置资源中各利益主体可能呈现的均

衡策略, 相对净收益为正时, 相关主体会倾向选择该策略。

(2) 数值仿真分析结果表明: 增大地方政府对涉农企业、农村集体经济组织和农户的补贴, 可以促使其倾向于选择积极策略, 提高积极性, 但当地方政府补贴达到一定程度时呈边际递减效应, 即

地方政府选择积极策略的概率越低,速度越慢,如在 D_{11} 、 D_{12} 和 D_{13} 的取值分别在 7、10 和 4 时地方政府严格监管的概率演化至 0。地方政府执行力度对涉农企业、农村集体经济组织和农户都有影响,执行力度大于 0.5 时,能够更快地使系统向理想状态演化,涉农企业和农村集体经济组织与地方政府的执行力度正相关。农村集体经济组织参与程度也会对地方政府、涉农企业和农户采取积极策略产生一定影响,参与程度越高,则其他 3 方采取积极策略的时间呈递减趋势越大。而且涉农企业和农村集体经济组织的收益系数越大,其参与和积极参与数字化产村融合的时间越快,但在长期看并不能使系统处于稳定状态。因此增大涉农企业、农村集体经济组织和农户补贴短期内有利于提高数字化产村融合水平,但过高的补贴将不利于系统达到理想稳定状态,是一种非长效的数字化产村融合激励措施。提高地方政府监管力度和农村集体经济组织参与程度,可以使涉农企业选择参与策略速度加快,农户也加快支持策略,最终有利于系统向理想状态演化。

(二) 建议

(1) 加大地方政府监管力度,一方面地方政府优化激励机制,地方政府补贴应依据涉农企业、农村集体经济组织和农户的数字化产村融合投入成本呈一定比例,同时避免给予过高的补贴,可通过提高地方政府对数字化产村融合激活农村闲置资源的财政专项资金支持,如技术支持、优惠政策、人才引进、完善数字基础设施等“软环境”补贴,鼓励涉农企业和农村集体经济组织积极利用数字技术参与数字乡村发展,推进乡村振兴进程。另一方面,地方政府需加大数字化产村融合政策宣传力度,鼓励农村集体经济组织和农户主动参与数字化产村融合激活农村闲置资源建设中,促使其成为盘活农村闲置资源的内生动力和永续力量。

(2) 完善四方主体利益联结机制,实现公平公正的利益分配。在数字化产村融合激活农村闲置资源过程中,避免地方政府、涉农企业、农村集体经济组织或农户以自身利益最大化为目标而损害合作利益,需构建地方政府、涉农企业、农村集体经济组织和农户四方主体协同互利的利益联结机制,实现优势资源互联互通、互利互补,引导涉农

企业、农村集体经济组织和农户通过股份合作和股份制相互参股,更多考虑农户这一最大而又弱势群体的利益,从而提高涉农企业和农村集体经济组织的收益系数,使得涉农企业、农村集体经济组织和农户在参与数字化产村融合过程中获得更多的资源增值的额外收益,地方政府获得社会声誉和政绩。

(3) 发挥农村集体经济的主体优势,不断提升数字乡村发展格局。根植乡村特色资源和优势,对接数字乡村发展战略需求,促成农业农村向“数字化生产”“数字化生态”“数字化生活”转型升级,针对数字化产村融合发展现状,提高参与数字化产村融合参与力度,增强数字化乡村建设主体意识,主动向地方政府提诉求,积极对接涉农企业,并建立优势互补的战略伙伴关系,采取资源入股、土地免征、当地农户就业优先等合作方式,拓宽涉农企业、农村集体经济组织和农户的合作渠道,从而构筑“一村一格、一村一韵”的农村发展新格局。

参考文献:

- [1] 廖成中, 毛磊, 翟坤周. 共同富裕导向下东西部协作赋能乡村振兴: 机理、模式与策略[J]. 改革, 2022(10): 91-105.
- [2] 孔祥智, 周振. 我国农村要素市场化配置改革历程、基本经验与深化路径[J]. 改革, 2020(7): 27-38.
- [3] 王定祥, 胡建, 李伶俐, 等. 数字经济发展: 逻辑解构与机制构建[J]. 中国软科学, 2023(4): 43-53.
- [4] 周锦. 数字文化产业赋能乡村振兴战略的机理和路径[J]. 农村经济, 2021(11): 10-16.
- [5] 秦秋霞, 郭红东, 曾亿武. 乡村振兴中的数字赋能及实现途径[J]. 江苏大学学报(社会科学版), 2021, 23(5): 22-33.
- [6] 孙晓宁, 甄瑾慧. 农村居民数字贫困成因、状态及其关系结构研究: 基于山西省晋中市的田野调查[J]. 中国图书馆学报, 2022, 48(3): 112-129.
- [7] 何小钢, 王善骞. 信息技术生产率悖论: 理论演进与跨越路径[J]. 经济学家, 2020(7): 42-52.
- [8] 古川, 黄安琪. 数字化背景下农产品批发业经营效率的变化: 基于面板门槛模型的实证检验[J]. 中国流通经济, 2021, 35(6): 17-27.
- [9] 张慧鹏. 大国小农: 结构性矛盾与治理的困境: 以农业生态环境治理为例[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2020, 37(1): 15-24.
- [10] 徐旭初, 葛平, 吴彬. 农业产业数字化的实践逻辑及其关键机制: 基于四省四县的多案例分析[J]. 农林经济管

理学报, 2023, 22(2): 133-141.

[11]郝爱民. 流通数字化对我国农村三产融合的影响[J]. 中国流通经济, 2022, 36(2): 36-44.

[12]孟维福, 任碧云. 数字金融对农村产业融合的影响机制和空间效应[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2023, 44(3): 96-106.

[13]陈卫洪, 王莹. 数字化赋能新型农业经营体系构建研究:“智农通”的实践与启示[J]. 农业经济问题, 2022(9): 86-99.

[14]胡卫卫, 申文静. 技术赋能乡村数字治理的实践逻辑与运行机制:基于关中H村数字乡村建设的实证考察[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2022, 23(5): 61-67, 75.

[15]向超. 农村经济数字化发展的实现路径研究[J]. 人民论坛·学术前沿, 2021(23): 135-137.

[16]邱俊杰, RUI B, 余劲. 乡村产业数字化转型升级内涵特征、驱动机制与实现路径[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版): 1-14.

[17]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.

[18]杨江华, 刘亚辉. 数字乡村建设激活乡村产业振兴的路径机制研究[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2022(2): 190-200.

[19]施远涛. 共同富裕视角下数字乡村建设的内在逻辑与实现路径:以浙江省实践为例[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2022, 21(5): 64-72.

[20]郭朝先, 苗雨菲. 数字经济促进乡村产业振兴的机理与路径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2023, 23(1): 98-108.

[21]郭俊华, 卢京宇. 产业兴旺推动乡村振兴的模式选择与路径[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2021, 51(6): 42-51.

[22]JACOBIDES M G, CENNAMO C, GAWER A. Towards a theory of ecosystems[J]. Strategic management journal, 2018, 39(8): 2255-2276.

[23]何琦, 艾蔚, 潘宁利. 数字转型背景下的创新扩散:理论演化、研究热点、创新方法研究:基于知识图谱视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2022, 43(6): 17-50.

[24]鲜军. 产村融合行为主体合作机制的演化博弈研究[J]. 价格理论与实践, 2021(8): 91-95, 186.

[25]牛耀红. 建构乡村内生秩序的数字“社区公共领域”:一个西部乡村的移动互联网实践[J]. 新闻与传播研究, 2018, 25(4): 39-56, 126-127.

[26]张蕴萍, 栾菁. 数字经济赋能乡村振兴:理论机制、制约因素与推进路径[J]. 改革, 2022(5): 79-89.

[27]李晓静, 刘斐, 夏显力. 信息获取渠道对农户电商销

售行为的影响研究:基于四川、陕西两省猕猴桃主产区的微观调研数据[J]. 农村经济, 2019(8): 119-126.

[28]李钰, 丛海彬, 邹德玲. 数字经济对乡村产业高质量发展的影响研究:基于技术创新的中介效应分析[J]. 科技与管理, 2022, 24(5): 23-35, 69.

[29]王定祥, 冉希美. 农村数字化、人力资本与农村产业融合发展:基于中国省域面板数据的经验证据[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2022, 28(2): 1-14.

[30]陈一明. 数字经济与乡村融合发展的机制创新[J]. 农业经济问题, 2021(12): 81-91.

[31]卢福财, 王守坤. 历史脉络与实践视野下的有为政府:中国特色社会主义政治经济学的核心命题[J]. 管理世界, 2021, 37(9): 77-90.

[32]李先军, 黄速建. 新中国70年企业扶贫历程回顾及其启示[J]. 改革, 2019(7): 16-26.

[33]韩旭东, 刘闯, 刘合光. 农业全链条数字化助推乡村产业转型的理论逻辑与实践路径[J]. 改革, 2023(3): 121-132.

[34]李因果, 陈学法. 农村资源资本化与地方政府引导[J]. 中国行政管理, 2014(12): 48-52.

[35]龚云. 新时代要高度重视发展农村集体经济[J]. 马克思主义研究, 2022(3): 18-26, 155.

[36]肖华堂, 王军, 廖祖君. 农民农村共同富裕:现实困境与推动路径[J]. 财经科学, 2022(3): 58-67.

[37]张琦, 庄甲坤, 李顺强, 等. 共同富裕目标下乡村振兴的科学内涵、内在关系与战略要点[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2022, 52(3): 44-53.

[38]王瑞峰, 李爽. 涉农电商平台助力乡村产业数字化转型的实践逻辑[J]. 现代经济探讨, 2022(5): 123-132.

[39]涂圣伟. “十四五”时期畅通城乡经济循环的动力机制与实现路径[J]. 改革, 2021(10): 22-30.

[40]郑永君, 李春雨, 刘海颖. 旅游驱动的三产融合型乡村振兴模式研究:基于共享发展理论视角的案例分析[J]. 农业经济问题: 1-14.

[41]杨水利, 陈娜, 李雷. 数字化转型与企业创新效率:来自中国制造业上市公司的经验证据[J]. 运筹与管理, 2022, 31(5): 169-176.

[42]王向阳, 谭静, 申学锋. 城乡资源要素双向流动的理论框架与政策思考[J]. 农业经济问题, 2020(10): 61-67.

[43]涂圣伟, 杨祥雪. 要素市场化配置、城乡收入差距与农民共同富裕[J]. 贵州社会科学, 2022(9): 148-159.

[44]姜长云. 发展数字经济引领带动农业转型和农村产业融合[J]. 经济纵横, 2022(8): 41-49.

[45]郑有贵. 脱贫地区创新发展路径研究:以5年过渡期支持政策为重点[J]. 人民论坛·学术前沿, 2021(13): 77-83.

(本文责编:海洋)