

考虑政府监管的军民融合产业集群知识 共享机理研究

米俊, 张玥, 曲国华

摘要: 为全面促进军民融合深度发展, 构建多领域、全要素、高效能的军民融合深度发展框架, 找准军民融合产业集群知识共享的影响因素, 破解军民融合深度发展集群中的知识共享瓶颈至关重要。鉴于此, 本研究基于演化博弈理论和系统动力学, 研究政府监管下军民融合产业集群知识共享机理的决策演化过程, 系统地考察了地方政府与军民融合产业的行为交互及其影响因素。研究表明, 随着军民融合产业集群的深度融合, 从长期来看, 三方最终会在政府“强监管”、“军转民”企业参与知识共享以及“民参军”企业参与知识共享时达到均衡状态; 影响三方主体策略选择的敏感参数不一, 从短期来看, 政府“强监管”成本、收益以及“弱监管”收益显著影响政府的策略选择, 政府给予企业的惩罚、企业的知识存量以及知识共享意愿程度分别显著影响“军转民”企业和“民参军”企业的策略选择。

关键词: 军民融合产业集群; 知识共享; “军转民”企业; “民参军”企业

中图分类号: F426.48 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2022)01-0130-18

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.2022.01.011

一、引言

军民融合产业集群是军民融合深度发展的典型路径之一, 产业集群能够促进信息、知识、技能等在各军民融合主体间相互共享, 推动技术创新与突破。军民融合将双方科技相结合、人才相融合, 通过共享机制, 解决国防和民用相互分割的问题, 推动科技资源要素兼容共享。部分学者就军民融合的内涵、特点进行阐述, 认为军民融合发展要协调和平衡兼顾, 在制度上融合、机制上耦合, 将军工企业长期积累的先进装备与民营企业所培育良好的企业管理能力相结合^[1]。与此同时, 还有部分学者指出社会分工有交点时, 军民间边界逐渐模糊, 企业间进行技术转移, 参与军民融合的企业可以将军民等多方主体无缝衔接^[2]。

随着军民融合深度发展战略上升为国家战略, 学术界掀起了研究军民融合的热潮^{[3][4][5]}, 涌现出许多丰硕的成果。当前, 军民融合主要面临“不愿融”“无力融”以及“融不好”三大瓶颈^[6], 方炜从整体思想观念、局部政策措施以及具体运行制度三方面研究, 认为军民双方要实现“融合”发展, 则需政府、科研机构等多方主体的协助, 政府作为资源的主导者与统筹者, 可充分推动资源共享、企业创新, 在共享活动中担当重任^{[7][8]}。政府补贴、政府支持方面对军民融合企业协同创新发展具有正

基金项目: 国家社会科学基金项目“军民融合深度发展研究”(19BGL295)

作者简介: 米俊, 山西财经大学管理科学与工程学院教授、博士生导师(山西太原 030006); 张玥, 山西财经大学工商管理学院研究生; 曲国华(通讯作者), 山西财经大学管理科学与工程学院副教授, xz_qgh@163.com

向激励作用^[9], 各类军事资源的筹谋渠道需要政府政策的配合; 同时, 政府监管是企业积极行为的保障^[10], 政策引导、惩罚机制也对军民融合深度发展协同创新有促进作用^[11]。可见, 军民融合产业集群创新依赖于政府的政策支持, 政府监管有利于协调各参与主体的积极性和主动性。

军民融合产业集群作为推动军民融合深度发展的有效路径, 具有整合不同类型、优势企业资源的作用, 陕西省为大力促进军民融合产业集群发展, 已建立六大军民融合产业基地。相关学者从各视角阐述军民融合产业集群的技术存在相互作用, 米俊等从价值共创视角出发, 认为集群发展与集群创新对军民深度融合具有显著作用^[12]。不同角度研究表明, 军民融合产业集群能够带动技术、知识的交融互动, 军方企业与民方企业的知识共享、融合深度的能力需要多方主体参与。

学者们对知识共享、知识溢出有诸多研究, 野中郁次郎认为知识共享的价值在于显性知识和隐性知识间的相互转换, 促进知识的重组、吸收、再创造, 从而达到知识共享的目的^[13]。知识共享的特别之处在于, 通过知识传播交流, 增加了知识的流动性、互动性和创新性, 突破了知识产权边界, 扩大了知识的有效利用价值并产生知识溢出效应。相关研究表明, 知识共享主体的意愿对知识共享行为有显著影响^[14], 共享意愿愈高, 对共享平台愈为信任。集群企业间的网络关系同样也有助于企业间的知识共享, 网络关系程度越高, 集群企业间的知识共享愈加顺畅, 知识溢出效应也愈为明显, 集群中拥有关键性资源、占据优势地位的企业被认为具有较大的集群网络权力, 网络权力较大的企业更容易获得更有价值的知识资源, 其进行知识共享的动力愈强^[15]。因此, 军民融合产业集群要求利益相关主体通过知识转移、知识共享, 产生知识溢出效应, 从而为各相关主体提供知识储备, 修订创新标准, 实现各主体间利益的均衡。

现有关于军民融合与知识共享的定量研究较为丰富, 部分学者利用 Nash 非合作博弈、Stackelberg 主从博弈、文献分析方法、PMC 模型等方法, 考察军方企业和民方企业的知识共享与产品效率问题^{[16][17][18]}。曹霞运用演化博弈理论从政府的角度探索军民融合, 认为政府对军工企业、民营企业有显著的推动作用^[19]; 韩国元等基于双边匹配方法剖析了军企、民企与科技中介间的博弈关系^[20]; 针对制造企业, 徐建中解释团队知识转移现象^[21]。

通过文献梳理发现, 相关学者多聚焦于对军民融合产业集群的定性分析, 而缺乏相应的定量研究, 涉及军民融合发展前景或发展过程中某一方面研究居多, 有关知识共享的研究也存在一定不足, 学者们对知识共享在团队内重要性关注较高, 影响军民融合产业集群与知识共享关联机理的文献较少。而这些为数不多的文献也未意识到知识共享在军民融合产业集群中的潜在竞争力, 忽视了政府、“军转民”企业和“民参军”企业三方共同间的竞合博弈, 更鲜有文献将政府监管、军民融合产业集群与知识共享三方整合研究。因此, 本研究基于军民融合发展战略, 聚焦军民融合产业集群, 运用演化博弈的思想探究军民融合知识共享的稳定因子, 结合系统动力学仿真模拟, 考虑政府监管下军民融合主体间的知识共享策略, 从而提出科学合理的军民融合创新模式, 以期为我国推进军民深度融合发展提供实践依据和决策参考。

二、军民融合产业集群的知识共享演化博弈模型构建

(一) 军民融合集群博弈主体行为分析

基于上述文献梳理, 构建基于军民融合产业集群的知识共享演化博弈模型, 模型中认为集群各参与者均是有限理性“经济人”, 均以追求自身利益最大化为主要目标, 不同的是, 军工企业以追求国防建设利益最大化为主要目标, 民营企业以追求自身发展为主要目标, 故集群内参与者的策略选择均对伙伴方的策略选择具有影响, 为此分别对集群主体运行方式进行分析。

政府作为军民融合的重要参与主体, 与军民融合企业间的关系为“监管”与“被监管”, 监管

程度取决于政府的监管利润。政府为加强对军民融合的监管,对进行知识共享的企业进行奖励,并对不进行知识共享的企业进行惩罚,“军转民”企业和“民参军”企业若均“无私奉献”,将本企业所拥有的知识分享,以换取不熟悉的知识,政府将奖励这种行为,若任一方军民融合企业因信任缺失或其他原因不进行知识共享,政府也将对此行为进行惩罚。政府将根据监管的程度付出相应成本,获取的收益也将根据监管的成果不同而有差异。故政府应从政策、补贴等方面入手,鼓舞军民融合“军转民”企业和“民参军”企业发挥各自的优势,以互相学习的态度参与知识共享。

“军转民”企业加入军民融合产业集群、参与知识共享可有效激发军工行业发展的潜力,“军转民”企业参与知识共享的程度将取决于其本身具有的知识存量、对自身知识的保护程度,集群企业参与其中也花费一定的成本,其中,企业内化知识、创新知识均会有损耗,并且参与知识共享的企业可能会面临“搭便车”现象,存在知识外溢风险;此外,政府的监管程度也将对企业共享度造成影响,也会相应给予军民双方企业补贴与惩罚。“军转民”企业应根据国防建设的专有需要,针对特殊领域发挥自己的专长,有效分享知识、吸收知识,尤其是对于军工企业薄弱的部分,政府也应创造严谨的军民融合环节,降低企业知识外溢风险,使得企业更加愿意共享知识。

“民参军”企业通过信息交换和获取,推动民营企业参与国防科技的研发和创新,“民参军”企业参与知识共享的程度也与其自身具有的知识量、保护知识的程度以及外界的监管力度有关,其参与知识共享后会获得超额收益也会产生成本,伴随外界的影响所带来的风险。要打破军民融合产业集群间的信息孤岛,需要军民融合企业积极参与知识共享,要求政府解决好企业参与过程中有可能出现的问题,如知识交换带来的安全问题,并且由于不同军民主体间知识的高低位势的不同,存在知识的势差,高低位势的知识主体间应在一定的位势阈值限制内,否则企业间的知识转移将不能完全实现,企业间可能会出现由于知识势差过大导致知识共享效果不佳。

(二) 军民融合集群博弈模型基本假设

作为军民融合产业集群的重要参与者,政府、“军转民”企业与“民参军”企业参与企业间的知识共享,互为知识共享监督伙伴,政府监管的强弱与企业是否愿意参与知识共享是相互博弈的过程,除对监管和知识共享的收益与成本进行衡量,还要考虑如企业间的信任度、知识存量等方面综合因素的影响。与此同时,知识共享依靠于隐性知识的共享,隐性知识具有难以观察和衡量的特征,在集群企业间的知识共享博弈中,信息不完全难以克服,信息的价值性未可知,因此,军民融合产业集群知识共享博弈在很大程度上是不完全信息博弈,在此情形下,集群企业间的知识共享博弈呈现出“共享困境”。一方面企业如果将自己的知识共享,就有可能丧失原本具有竞争优势的知识资本,因此不愿意进行知识共享;另一方面,若企业间信任不足,打破签订的“隐形契约”而不进行知识共享,则会给知识共享方带来极大的风险与挑战。集群企业间仅一方选择共享时,共享方付出了知识共享成本,失去了共享知识的独占性,也失去了原本相对的竞争优势或特有价值,但却没有得到对方有用的知识,即付出了共享成本,却没有共享收益,其收益将是负值,不选择知识共享的一方不仅得到共享收益,还得到对方失去的知识共享收益。

基于上述分析,提出政府监管“军转民”企业“民参军”企业知识共享演化博弈机理,如图1所示。该框架主要分为两大部分,首先,政府主要利用自身优势监管“军转民”企业与“民参军”企业的知识共享行为,其监管程度影响企业间的共享效果,集群企业的共享行为影响政府对企业的奖励、惩罚机制以及政府获得的超额收益;其次,“军转民”企业与“民参军”企业参与知识共享中受到知识共享意愿、收益与成本、知识溢出风险、监管敏感度等各因素的影响,导致军民双方面临愿意共享以及共享困境两种情形抉择。

为剖析政府监管“军转民”企业“民参军”企业知识共享演化博弈机理,设定的主要相关参数如表1所示。首先,就学习成本而言,军民融合企业知识共享时,既是知识共享源头又是知识共享

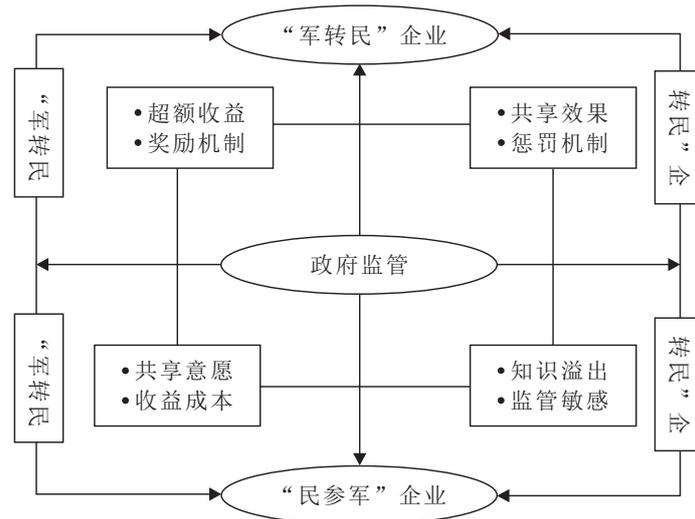


图 1 政府监管-“军转民”企业-“民参军”企业知识共享演化博弈机理

表 1 相关参数及其含义

参数	含义
π_a	“军转民”企业本身具有的知识存量, $\pi_a > 0$
π_b	“民参军”企业本身具有的知识存量, $\pi_b > 0$
D_a	政府进行“弱监管”下, “军转民”企业参与知识共享时企业因无外界推力使其知识共享效果降低幅度, $D_a > 0$
D_b	政府进行“弱监管”下, “民参军”企业参与知识共享时企业因无外界推力使其知识共享效果降低幅度, $D_a > D_b > 0$
G_1	集群企业参与/不参与知识共享, 政府“强监管”的各项开支 (时间成本、资源成本等), $G_1 > 0$
G_2	集群企业参与/不参与知识共享, 政府“弱监管”的各项开支 (时间成本、资源成本等), $G_1 > G_2 > 0$
μ	知识共享中集群企业对网络权力大小、政府监管程度敏感系数, $\mu \in (0, 1)$
p_a	政府“强监管”下, “军转民”企业的网络权力大小, $p_a > 0$
p_b	政府“强监管”下, “民参军”企业的网络权力大小, $p_b > 0$
$\pi_a p_a$	“军转民”企业因网络权力大小决定其所获知识共享收益, $\pi_a p_a > 0$
$\pi_b p_b$	“民参军”企业因网络权力大小决定其所获知识共享收益, $\pi_b p_b > 0$
$\pi_a \mu p_a$	企业进行知识共享时, “军转民”企业知识共享获得能力, $\pi_a \mu p_a$
$\pi_b \mu p_b$	企业进行知识共享时, “民参军”企业知识共享获得能力, $\pi_b \mu p_b$
L	政府“强监管”下, 企业共享效益时给予“军转民”企业奖励, $L > 0$
R	政府“强监管”下, 企业共享效益时给予“民参军”企业奖励, $R > 0$
m	政府“强监管”下所获收益, $m > 0$
b	政府“弱监管”时所获收益占政府“强监管”时所获收益的比值, $b \in (0, 1)$
b_m	政府选择“弱监管”所获收益, $b_m > 0$
m_a	“军转民”企业知识共享前的初始收益, $m_a > 0$
m_b	“民参军”企业知识共享前的初始收益, $m_b > 0$
E_m	企业均参与知识共享时, 政府“强监管”时获得超额收益, $E_m > b_m > 0$
U	企业均参与知识共享时, 企业获得总超额收益, $U > 0$
a	企业均参与知识共享时, “军转民”企业获得超额收益分摊比例, $a \in (0, 1)$
∂	企业知识共享意愿系数, $\partial \in [0, 1]$
ϵ	企业知识吸收以及转换、创造新知识系数, $\epsilon \in (0, 1)$
k_a	“军转民”企业间的知识共享成本、学习成本系数, $k_a \in (0, 1)$
k_b	“民参军”企业间的知识共享成本、学习成本系数, $k_b \in (0, 1)$
σ	知识共享方的知识溢出风险系数, $\sigma \in (0, 1)$
$\pi_a \sigma$	“军转民”企业知识溢出风险成本, $\pi_a \sigma > 0$
$\pi_b \sigma$	“民参军”企业知识溢出风险成本, $\pi_b \sigma > 0$
F_a	“军转民”企业不参与知识共享时, 政府对其进行惩罚的惩罚金, $F_a > 0$
F_b	“民参军”企业不参与知识共享时, 政府对其进行惩罚的惩罚金, $F_b > 0$
η	政府对采取知识共享行为企业进行补偿, 从惩罚金中拿取的补偿比例, $\eta \in [0, 1]$

接收者, 须得付出共享成本、学习成本等, 共享成本主要来自于知识共享过程中的收集、转化、表达等费用, 学习成本主要来源于内化知识所产生的成本, 此处借鉴 Joseph^[22] 中的成本函数, 则“军转民”企业和“民参军”企业二者的成本分别为: $C_a = \frac{1}{2}k_a(\pi_a \partial)^2$, $C_b = \frac{1}{2}k_b(\pi_b \partial)^2$; 其次, 知识共享为双方带来的价值取决于知识共享度, 即知识共享意愿系数 ∂ ($\partial \in [0, 1]$), 知识共享度会受到企业间的信任度、知识存量等方面综合因素的影响, 可理解为对知识的保护程度, 知识保护程度越高则知识共享度越低, 即 ∂ 越小, 将知识全部共享时, $\partial = 1$, 当集群企业知识不共享时, $\partial = 0$ 。现实情况下, 知识共享度可通过企业提供的内部信息、资料的数量等有价值的内容来衡量; 最后, 基于军民双方知识可转移性和可共享性, 军民知识势差不宜过大, 假设“军转民”企业知识存量 (π_a) 与“民参军”企业知识存量 (π_b) 相差不大, 二者的共享成本 C_a 、 C_b 差距较小, 政府对企业的奖励 L 、 R 也几乎持平。

(三) 集群博弈模型支付矩阵构建

政府、“军转民”企业和“民参军”企业三方博弈模型中, 政府的策略选择为 {强监管, 弱监管}, “军转民”企业策略选择为 {参与, 不参与}, “民参军”企业策略选择为 {参与, 不参与}。其中, 政府的监管程度因受军民融合知识共享环境影响, “强监管”表明政府对军民融合企业的知识共享行为有较强的干预作用, “弱监管”表明政府虽参与军民融合知识共享行为, 对军民融合知识共享环境的监督作用较弱, 监管行为的程度大小主要影响知识外溢风险、知识共享意愿等参数的变化, 政府“强监管”时知识外溢风险较低, 参与度较高, “弱监管”时军民融合企业由于对共享环境的不确定导致其参与度较低; “军转民”企业和“民参军”企业受政府监管、外界环境等影响, 分为“参与知识共享”与“不参与知识共享”两个维度。

政府“强监管”的概率为 x ($0 \leq x \leq 1$), “弱监管”的概率即为 $1-x$ 。“军转民”企业与“民参军”企业参与知识共享的企业概率分别为 y ($0 \leq y \leq 1$)、 z ($0 \leq z \leq 1$); 不参与知识共享的企业概率分别为 $1-y$ 、 $1-z$, 根据上述条件构建博弈支付矩阵 (如表 2 和表 3 所示)。

表 2 政府“强监管”下“政军企”知识共享博弈支付矩阵

“军转民”企业	“民参军”企业	
	参与知识共享	不参与知识共享
参与知识共享	$m + Em - G_1 - R - L$ $m_a + aU + \pi_a(\epsilon - \partial - \sigma) - C_a + R + \pi_a \mu p_a$ $m_b + (1-a)U + \pi_b(\epsilon - \partial - \sigma) - C_b + L + \pi_b \mu p_b$	$m - G_1 - R + (1-\eta)F_b$ $m_a + \pi_a(-\partial - \sigma) - C_a + R + \eta F_b$ $m_b + \pi_b \epsilon - F_b$
不参与知识共享	$m - G_1 - L + (1-\eta)F_a$ $m_a + \pi_a \epsilon - F_a$ $m_b + \pi_b(-\partial - \sigma) - C_b + L + \eta F_a$	$m - G_1 + F_a + F_b$ $m_a - F_a$ $m_b - F_b$

表 3 政府“弱监管”下“政军企”知识共享博弈支付矩阵

“军转民”企业	“民参军”企业	
	参与知识共享	不参与知识共享
参与知识共享	$bm - G_2$ $m_a + aU + \pi_a(\epsilon - \partial - \sigma) - C_a - D_a$ $m_b + (1-a)U + \pi_b(\epsilon - \partial - \sigma) - C_b - D_b$	$bm - G_2 + (1-\eta)F_b$ $m_a + \pi_a(-\partial - \sigma) - C_a + \eta F_b - D_a$ $m_b + \pi_b \epsilon - F_b$
不参与知识共享	$bm - G_2 + (1-\eta)F_a$ $m_a + \pi_a \epsilon - F_a$ $m_b + \pi_b(-\partial - \sigma) - C_b + \eta F_a - D_b$	$bm - G_2 + F_a + F_b$ $m_a - F_a$ $m_b - F_b$

三、政府监管下“军转民”企业与“民参军”企业演化博弈模型分析

(一) 政府的综合分析及结论

根据表 2 和表 3 可知, 政府在博弈时选择“强监管”策略的期望收益 U_{g1} , 选择“弱监管”策略的期望收益 U_{g2} , 得出政府平均期望收益 \bar{U}_g 为:

$$\bar{U}_g = xU_{g1} + (1-x)U_{g2} = xyzEm - xyR - xzL + yz\eta(F_a + F_b) + x[(1-b)m - G_1 + G_2] - y(\eta F_b + F_a) - z(\eta F_a + F_b) + (bm - G_2 + F_a + F_b) \quad (1)$$

由 U_{g1} , U_{g2} , \bar{U}_g 可得政府的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_{g1} - \bar{U}_g) = x(1-x)[yzEm - yR - zL + (1-b)m - G_1 + G_2] \quad (2)$$

$$\text{为方便计算, 令 } z_0 = \frac{(1-b)m - G_1 + G_2 - yR}{L - yEm} \quad (3)$$

对政府的演化稳定策略进行分析, 令 $F(x) = 0$, 则: (1) 若 $z = z_0$, 此时 $F(x) = 0$, 意味着无论 x 取任何值, 博弈均为稳定状态。(2) 若 $z \neq z_0$, 令 $F(x) = 0$, 得 $x_1 = 0$, $x_2 = 1$ 是两个稳定点。

$$\text{对 } F(x) \text{ 求导可知, } \frac{dF(x)}{dx} = \frac{dx}{dt} = (1-2x)[yzEm - yR - zL + (1-b)m - G_1 + G_2] \quad (4)$$

$$\text{令 } yzEm - yR - zL + (1-b)m - G_1 + G_2 = 0 \quad (5)$$

此时可分两种情况: ①若 $z > z_0$, 当 $x = 1$ 时, $\frac{dF(x)}{dx} < 0$; 当 $x = 0$ 时, $\frac{dF(x)}{dx} > 0$ 。故 $x = 1$ 时演化稳定状态, 此时政府倾向于选择“强监管”。②若 $z < z_0$, 当 $x = 1$ 时, $\frac{dF(x)}{dx} > 0$; 当 $x = 0$ 时, $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ 。故 $x = 0$ 时演化稳定状态, 此时政府倾向于选择“弱监管”。

进一步分析可知: (1) 当政府“强监管”成本减少、政府“弱监管”成本增加或政府对参与知识共享的“军转民”企业奖励降低时, z_0 变大, 由政府“强监管”构成的空间体积缩小, 政府“强监管”成本降低, 政府趋向于选择“强监管”策略。(2) 同理, 当政府“强监管”成本增多、政府“弱监管”成本降低或政府对参与知识共享的“军转民”企业奖励增加时, z_0 变小, 由政府“弱监管”构成的空间体积缩小, 政府“弱监管”成本降低, 政府趋向选择“弱监管”策略。

由对政府的演化结果, 政府参与“军转民”企业与“民参军”企业的知识共享过程中, 政府“强监管”军民融合企业时成本低或者给予“军转民”企业的奖励下降, 政府更愿意选择“强监管”策略, 这符合当前我国政府发展的现状。政府既可以降低监管成本, 又可以对参与知识共享的企业增加激励强度, 其用较小的成本换取更高的收益是符合成本最小化实现收益最大化的原则。

(二) “军转民”企业的综合分析及结论

根据表 2 和表 3 可知, “军转民”企业在博弈时选择“参与知识共享”策略的期望收益 U_{m1} , 选择“不参与知识共享”策略的期望收益 U_{m2} , 得出“军转民”企业平均期望收益 \bar{U}_m 为:

$$\bar{U}_m = yU_{m1} + (1-y)U_{m2} = xyz\pi_a\mu p_a + xy(R + D_a) + yz(aU - \eta F_b) + y[\pi_a(-\partial - \sigma) - C_a - D_a + F_a + \eta F_b] + z\pi_a\epsilon + m_a - F_a \quad (6)$$

根据上述分析, 由 U_{m1} , U_{m2} , \bar{U}_m 可得政府的复制动态方程为:

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(U_{m1} - \bar{U}_m) = y(1-y)[x(R + D_a) + z(aU - \eta F_b) + zx\pi_a\mu p_a - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a + \eta F_b] \quad (7)$$

$$\text{为方便计算, 令 } z_1 = \frac{\pi_a(\partial + \sigma) + C_a + D_a - F_a - \eta F_b - x(R + D_a)}{aU - \eta F_b + x\pi_a\mu p_a} \quad (8)$$

对政府的演化稳定策略进行分析, 令 $F(y) = 0$, 则: (1) 若 $z = z_1$, 此时 $F(y) = 0$, 意味着无论 y 取任何值, 博弈均为稳定状态。(2) 若 $z \neq z_1$, 令 $F(y) = 0$, 得 $y_1 = 0, y_2 = 1$ 是两个稳定点。对 $F(y)$ 求导可知,

$$\frac{dF(y)}{dx} = \frac{dy}{dt} = (1-2y)[x(R + D_a) + z(aU - \eta F_b) + xz\pi_a\mu p_a - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a - d_a + F_a + \eta F_b] \quad (9)$$

$$\text{令 } x(R + D_a) + z(aU - \eta F_b) + xz\pi_a\mu p_a - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a + \eta F_b = 0 \quad (10)$$

此时可分两种情况: (1) 若 $z > z_1$, 当 $y = 1$ 时, $\frac{dF(y)}{dx} < 0$; 当 $y = 0$ 时, $\frac{dF(y)}{dx} > 0$ 。故 $y = 1$ 时演化稳定状态, 此时“军转民”企业倾向于选择参与知识共享策略。(2) 若 $z < z_1$, 当 $y = 1$ 时, $\frac{dF(y)}{dx} > 0$; 当 $y = 0$ 时, $\frac{dF(y)}{dx} < 0$ 。故 $y = 0$ 时演化稳定状态, 此时“军转民”企业倾向于选择不参与知识共享策略。

进一步分析可知: (1) 当不参与知识共享时惩罚力度增加、或“军转民”企业对网络权力的敏感程度增加时, z_1 数值下降, “军转民”企业参与知识共享的空间增大, 企业参与其中的意愿增强, “军转民”企业更倾向于参与知识共享。(2) 同理, 当不参与知识共享时惩罚力度减少、或“军转民”企业对网络权力的敏感程度减弱时, z_1 数值上升, “军转民”企业参与知识共享成本的意愿减弱, “军转民”企业更倾向于不参与知识共享。

由上述对“军转民”企业的演化结果分析, 可发现当惩罚力度增加、共享成本降低、或“军转民”企业对网络权力的敏感程度增加时, “军转民”企业更倾向于参与知识共享; 反之, “军转民”更倾向于不参与知识共享, 这符合当前知识经济时代下的发展现状。若要在一定程度上激发“军转民”企业积极参与知识共享, 应降低知识共享风险, 较低的知识外溢风险会增强企业知识共享的信心; 降低知识共享成本, 减少因无外界强有力的监管使其知识共享效果; 政府增强对不参与知识共享的“军转民”企业的惩罚力度, 同时增大对参与知识共享的奖励幅度; 增加市场对企业的网络权力敏感程度等。

(三) “民参军”企业的综合分析及结论

根据表 2 和表 3 可知, “民参军”企业在博弈时选择“参与知识共享”策略的期望收益 U_{p1} , 选择“不参与知识共享”策略的期望收益 U_{p2} , 得出“民参军”企业平均期望收益 \bar{U}_p 分别为:

$$\bar{U}_p = zU_{p1} + (1-z)U_{p2} = xy\pi_b\mu p_b + xz(L + D_b) + yz[(1-a)U - \eta F_a] + y\pi_b\epsilon + z[\pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + \eta F_a + F_b] + m_b - F_b \quad (11)$$

根据上述分析, 由 $U_{p1}, U_{p2}, \bar{U}_p$ 可得政府的复制动态方程为:

$$f(z) = \frac{dz}{dt} = z(U_{p1} - \bar{U}_p) = z(1-z)[x(L + D_b) + y((1-a)U - \eta F_a) + xy\pi_b\mu p_b - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b + \eta F_a] \quad (12)$$

$$\text{为方便计算, 令 } x_0 = \frac{\pi_b(\partial + \sigma) + C_b + D_b - F_b - \eta F_a - y((1-a)U - \eta F_a)}{L + D_b + u\pi_b\mu p_b} \quad (13)$$

对政府的演化稳定策略进行分析, 令 $F(z) = 0$, 则: (1) 若 $x = x_0$, 此时 $F(z) = 0$, 意味着无论 y 取任何值, 博弈均为稳定状态。(2) 若 $x \neq x_0$, 令 $F(z) = 0$, 得 $z_1 = 0, z_2 = 1$ 是两个稳定点。对 $F(z)$ 求导可知,

$$\frac{dF(z)}{dz} = \frac{dz}{dt} = (1-2z)[x(L+D_b) + y((1-a)U - \eta F_a) + xy\pi_b\mu p_b - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b + \eta F_a] \quad (14)$$

$$\text{令 } x(L+D_b) + y((1-a)U - \eta F_a) + xy\pi_b\mu p_b - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b + \eta F_a = 0 \quad (15)$$

此时可分两种情况: (1) 若 $x > x_0$, 当 $z = 1$ 时, $\frac{dF(z)}{dz} < 0$; 当 $Z = 0$ 时, $\frac{dF(z)}{dz} > 0$ 。故 $z = 1$ 时演化稳定状态, 此时“民参军”企业倾向于选择参与知识共享策略。(2) 若 $x < x_0$, 当 $z = 1$ 时, $\frac{dF(z)}{dz} > 0$; 当 $Z = 0$ 时, $\frac{dF(z)}{dz} < 0$ 。故 $z = 0$ 时演化稳定状态, 此时“民参军”企业倾向于选择不参与知识共享策略。

进一步分析可知: (1) 当不参与知识共享时惩罚力度增加、或“民参军”企业对网络权力的敏感程度增加时, x_0 数值变小, “民参军”企业参与知识共享的空间增大, “民参军”企业参与知识共享的意愿增强, “民参军”企业更倾向于参与知识共享。(2) 同理, 当不参与知识共享时惩罚力度减少、或“民参军”企业对网络权力的敏感程度减弱时, x_0 数值变大, “民参军”企业不参与知识共享成本的意愿减弱, “民参军”企业更倾向于不参与知识共享。

由上述对“民参军”企业的演化结果分析, 可发现当惩罚力度增加、共享成本降低、共享风险减弱或“民参军”企业对网络权力的敏感程度增加时, “民参军”企业更倾向于参与知识共享; 反之, “民参军”企业更倾向于不参与知识共享。若要在一定程度上激发“民参军”企业积极参与知识共享, 也应降低知识共享风险, 降低知识共享成本, 减少因无外界强有力的监管使其知识共享效果; 政府也应增加对不参与知识共享的“民参军”企业的惩罚力度, 同时增大对参与知识共享的“民参军”企业奖励幅度; 增加市场对“民参军”企业的网络权力敏感程度等。

(四) 三方主体演化博弈均衡分析

通过以上对政府、“军转民”企业和“民参军”企业策略选择的均衡分析, 将各参与主体的初始状态进行组合, 由此得到局部均衡点, 分别为 $(0, 0, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$ 、 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, 1, 1)$ 、 $(1, 0, 0)$ 、 $(1, 0, 1)$ 、 $(1, 1, 0)$ 、 $(1, 1, 1)$ 。

根据 Friedman^[23] 的演化博弈均衡点的判断方法, 分别对式 $F(x)$ 、 $F(y)$ 、 $F(z)$ 依次求关于 x 、 y 、 z 的偏导数, 可得相应的雅克比矩阵 J 为:

$$J = \begin{bmatrix} (1-2x)[-Ry - Lz + (1-b)m - G_1 + G_2] & -Rx(1-x) & -Lx(1-x) \\ y(1-y)(R+D_a + \pi_a\mu p_a) & (1-2y)[x(R+D_a) + z(aU - \eta F_b) + xy\pi_a\mu p_a - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a + \eta F_b] & y(1-y)(aU - \eta F_b + \pi_a\mu p_a) \\ z(1-z)(L+D_b + \pi_b\mu p_b) & z(1-z)((1-a)U - \eta F_a + \pi_b\mu p_b) & (1-2z)[x(L+D_b) + y((1-a)U - \eta F_a) + xy\pi_b\mu p_b - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b + \eta F_a] \end{bmatrix} \quad (16)$$

当 $\det(J) > 0$ 且 $\text{tr}(J) < 0$ 时, 上述均衡点就会逐步接近于演化均衡状态, 即达到稳定状态 (ESS), 如表 4 所示。可看出, $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 的符号取决于各参数的取值, 故无法明确上述均衡点的稳定点是否存在。因此, 对下列均衡点进行稳定性分析。可概括为以下几项多项式: (1) $(1-b)m - G_1 - G_2$; (2) R ; (3) L ; (4) $\pi_a(\partial + \sigma) + C_a$; (5) $\pi_b(\partial + \sigma) + C_b$; (6) $F_a + \eta F_b$; (7) $F_b + \eta F_a$; (8) $F_a + aU$; (9) $F_b + (1-a)U$; (10) D_a ; (11) D_b ; (12) $\pi_a\mu p_a$; (13) $\pi_b\mu p_b$ 。局部均衡点分析如表 5 所示。

由局部均衡点的稳定性分析可知, 政府监管下“军转民”企业和“民参军”企业知识共享博弈的局部均衡点稳定性在一定程度上取决于各参数间的大小关系, 当政府给予军民融合企业的奖励大

表 4 均衡点稳定性分析

均衡点	det (J) 的值	tr (J) 的值
(0, 0, 0)	$[(1-b)m - G_1 + G_2][-\pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a + \eta F_b][-\pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b + \eta F_a]$	$(1-b)m - G_1 + G_2 - (\pi_a + \pi_b)(\partial + \sigma) - C_a - D_a - C_b - D_b + (1 + \eta)F_a + (1 + \eta)F_b$
(0, 0, 1)	$[-L + (1-b)m - G_1 + G_2][aU - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a][-\pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b + \eta F_a]$	$-L + (1-b)m - G_1 + G_2 + aU + (\pi_b - \pi_a)(\partial + \sigma) - C_a - D_a + C_b + D_b + (1 - \eta)F_a - F_b$
(0, 1, 0)	$[-R + (1-b)m - G_1 + G_2][-\pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a + \eta F_b][(1-a)U - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b]$	$-R + (1-b)m - G_1 + G_2 + (1-a)U + (\pi_a - \pi_b)(\partial + \sigma) + C_a + D_a - C_b - D_b - F_a + (1 - \eta)F_b$
(0, 1, 1)	$[-R - L + (1-b)m - G_1 + G_2][aU - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a - D_a + F_a][(1-a)U - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b - D_b + F_b]$	$-R - L + (1-b)m - G_1 + G_2 - U + (\pi_a + \pi_b)(\partial + \sigma) + C_a + D_a + C_b + D_b - F_a - F_b$
(1, 0, 0)	$[(1-b)m - G_1 + G_2][R - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a + F_a + \eta F_b][L - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b + F_b + \eta F_a]$	$-(1-b)m + G_1 - G_2 + R + L - (\pi_a + \pi_b)(\partial + \sigma) - C_a - C_b + (1 + \eta)F_a + (1 + \eta)F_b$
(1, 0, 1)	$[-L + (1-b)m - G_1 + G_2][R + aU + \pi_a \mu p_a - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a + F_a][L - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b + F_b + \eta F_a]$	$-(1-b)m + G_1 - G_2 + R + aU + \pi_a \mu p_a + (\pi_b - \pi_a)(\partial + \sigma) - C_a + C_b + (1 - \eta)F_a - F_b$
(1, 1, 0)	$[-R + (1-b)m - G_1 + G_2][R - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a + F_a + \eta F_b][L + (1-a)U + \pi_b \mu p_b - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b + F_b]$	$-(1-b)m + G_1 - G_2 + (1-a)U + L + \pi_b \mu p_b + (\pi_a - \pi_b)(\partial + \sigma) + C_a - C_b - F_a + (1 - \eta)F_b$
(1, 1, 1)	$[-R - L + (1-b)m - G_1 + G_2][R + aU + \pi_a \mu p_a - \pi_a(\partial + \sigma) - C_a + F_a][L + (1-a)U + \pi_b \mu p_b - \pi_b(\partial + \sigma) - C_b + F_b]$	$-(1-b)m + G_1 - G_2 - U - \mu(\pi_a p_a + \pi_b p_b) + (\pi_a + \pi_b)(\partial + \sigma) + C_a + C_b - F_a - F_b$

表 5 局部均衡点分析

符合情形	(1) > 0; (4) + (10) > (6)	(1) > 0; (4) + (10) < (6)	符合情形	0 < (1) < (3); (4) + (10) > (8)	0 < (1) < (3); (4) + (10) < (8) < (7); (5) + (11) < (7)
均衡点 (0,0,0)	det(J) 不确定 tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) + 稳定性 不稳定	均衡点 (0,0,1)	det(J) 不确定 tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS
符合情形	0 < (1) < (2); (4) + (10) > (6); (5) + (11) < (9)	0 < (1) < (2); (4) + (10) < (6); (5) + (11) < (9) < (6)	符合情形	0 < (1) < (2) + (3); (4) + (10) > (8); (5) + (11) > (9)	0 < (1) < (2) + (3); (4) + (10) < (8); (5) + (11) > (9)
均衡点 (0,1,0)	det(J) - tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS	均衡点 (0,1,1)	det(J) - tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS
符合情形	(1) > 0; (4) < (2) + (6); (5) < (3) + (7)	(1) > 0; (2) + (6) < (4) < (3) + (7)	符合情形	0 < (1) < (3); (4) > (2) + (8) + (12); (5) > (7)	0 < (1) < (3); (4) > (2) + (8) + (12); (5) < (7)
均衡点 (1,0,0)	det(J) - tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS	均衡点 (1,0,1)	det(J) - tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS
符合情形	0 < (1) < (2); (4) < (6); (5) < (3) + (9) + (13)	0 < (1) < (2); (4) < (6); (5) > (3) + (9) + (13)	符合情形	0 < (1) < (2) + (3); (4) > (2) + (8) + (12); (5) > (3) + (9) + (13)	0 < (1) < (2) + (3); (4) < (2) + (8) + (12); (5) < (3) + (9) + (13)
均衡点 (1,1,0)	det(J) - tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS	均衡点 (1,1,1)	det(J) 不确定 tr(J) 不确定 稳定性 鞍点	det(J) + tr(J) - 稳定性 ESS

于政府监管的净利润，军民融合企业知识共享的成本以及知识溢出风险总和小于企业知识共享获得

能力、政府给予企业的奖励和参与共享的超额收益时, 局部稳定性将增加。然而, 影响政府监管下“军转民”企业和“民参军”企业知识共享博弈的敏感性因子未有明确表示, 本研究将进一步利用系统动力学、结合仿真工具, 分析不同初始值状态下的博弈演化过程, 探究参与者的演化稳定情况。

四、系统动力学仿真分析

(一) 军民融合知识共享博弈的系统动力学仿真模型构建

系统动力学通过要素间的因果关系构建模型, 能够为理解复杂的内部关联提供解释。因此, 为进一步从系统角度研究政府、“军转民”企业、“民参军”企业的复杂行为关系, 采用系统动力学方法分析均衡点的稳定性情况, 并结合典型军民融合企业如西安天和防务技术、成都振芯科技、四川省中物技术等股份有限公司的发展历程^{[24][25]}, 通过 VensimPLE7.3.5 建立政府、“军转民”企业、“民参军”企业三方行为演化博弈 SD 仿真模型。政府强监管、政府弱监管、“军转民”企业参与知识共享、“军转民”企业不参与知识共享、“民参军”企业参与知识共享及“民参军”企业不参与知识共享六方的期望收益所受因素的影响。模型的主要变量根据三方博弈的支付函数进行设定, 其中包含政府“强监管” x 、“军转民”企业参与知识共享 y 、“民参军”企业参与知识共享 z 三个水平变量, 分别为政府监管变化率 (dx/dt) 、“军转民”企业参与知识共享变化率 (dy/dt) 、“军转民”企业参与知识共享变化率 (dz/dt) 三个速率变量的积分; U_{g1} 、 U_{g2} 、 U_{m1} 、 U_{m2} 、 U_{p1} 、 U_{p2} 为系统的中介变量, 其余变量为辅助外生变量, 其中模型中水平变量、速率变量、中介变量以及各变量间的主要公式由上式得出。

(二) 初始仿真模型分析

根据模型中设定的博弈关系间的各类函数关系, 设定在仿真过程中外部变量的初始值, 设 $INITIAL TIME=0$, $FINAL TIME=10$, $TIME STEP=0.25$, $Units for TIME=Years$ 。模型中的参数初始赋值如表 6 所示。在政府、“军转民”企业、“民参军”企业三方中, 参与者采取纯策略时共有八种策略组合, 策略选择分别为 $(0, 0, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$ 、 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, 1, 1)$ 、 $(1, 0, 0)$ 、 $(1, 0, 1)$ 、 $(1, 1, 0)$ 、 $(1, 1, 1)$ 。

表 6 模型参数初始赋值

m	Em	b	m_a	m_b	π_a	π_b	U	a	μ	F_a	F_b	η	ε	∂	p_a	p_b	σ	k_a	k_b	G_1	G_2	R	L	D_a	D_b
10	12	0.6	6	8	35	30	15	0.55	0.2	8	9	0.3	0.7	0.2	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	5	3	6	4.5	3	4

通过对策略仿真分析可发现, 当三方参与者初始状态均采用纯策略时, 博弈过程中没有任何一方愿意主动改变初始策略, 达到相对稳定状态, 但这并不是永久保持不变的, 只要参与者任意一方做出微小的改变, 系统所达到的相对均衡状态均会被打破, 继而发生改变。

如图 2 所示, 将 $(0, 0, 0)$ 代入上述演化博弈系统的 SD 模型中, 仿真结果显示各方均不愿意主动改变自身的初始状态, 表明军民融合企业在政府“弱监管”下没有一方愿意主动改变自身策略, 产生此现象的原因可能是, 在政府“弱监管”军民融合企业时, 由于对市场监管不力导致知识外露、军民融合企业间信用缺失等问题发生, 使得博弈主体无法承受较大风险。

当政府、“民参军”企业初始策略不发生改变, “军转民”企业以较小的概率 ($y=0.1$) 进行策略调整时, 会发现系统均衡状态将从 $(0, 0, 0)$ 较微弱演化至 $(0, 0, 1)$; 当保持政府、“军转民”企业初始策略不发生改变, “民参军”企业以较小的概率 ($z=0.1$) 进行策略调整时, 会发现系统均衡状态将从 $(0, 0, 0)$ 亦较微弱演化至 $(0, 1, 0)$ 。上述两种企业突变的演化博弈结果较为相似, 如图 3 所示, 可与分析政府“强监管”军民融合企业时的突变态势形成较强对比, 由于政

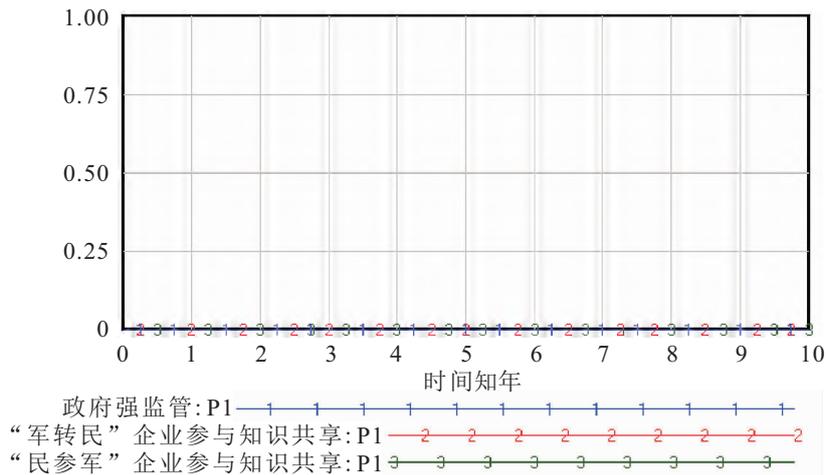


图2 纯策略 (0, 0, 0) 的演化博弈结果

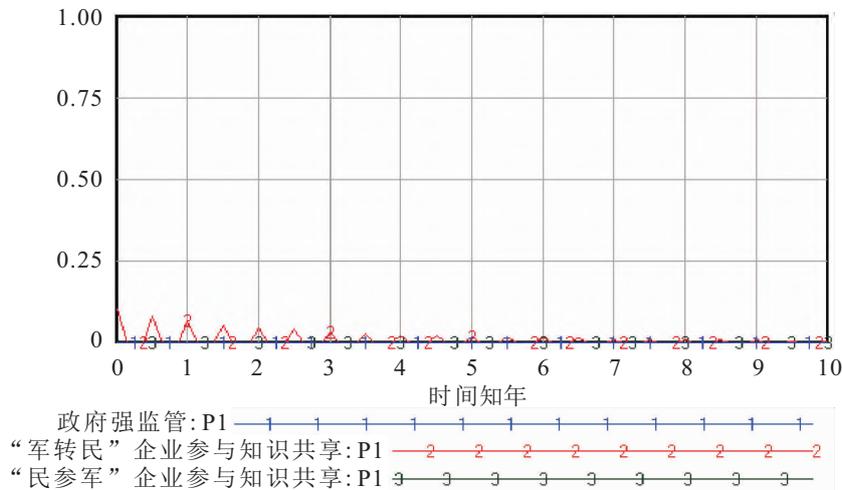


图3 “民参军”企业突变的演化博弈结果

府监管程度变弱使得军民融合企业间可能发生机会主义行为，军民融合企业参与知识共享度降低，以其微弱的态势突变演化至“1”。总体而言，仿真结果显示 (0, 0, 0) 的均衡状态较不稳定。

当保持“军转民”企业、“民参军”企业初始策略不发生改变，政府以较小的概率 ($x=0.1$) 进行策略调整时，如图4所示，系统均衡状态将从 (0, 0, 0) 较快速演化至 (1, 0, 0)，政府加强对军民融合企业的监管力度时，虽然其监管成本增加，监管收益将会以更大幅度增加，政府“强监管”行为也会使军民融合企业更加愿意参与知识共享。

仿真过程中可发现，当政府“强监管”军民融合企业状态下，无论“军转民”企业以较小的概率 ($y=0.1$) 进行策略调整时，还是“民参军”企业以较小的概率 ($z=0.1$) 进行策略调整时，如图5所示，其最终演化策略均会达到1的稳定状态，表明政府“强监管”军民融合企业行为将会激励企业主体愿意参与知识共享，同时增加军民双方企业知识共享意愿程度，提升知识共享的质和量，间接提高政府“强监管”军民融合企业行为的收益，这既符合共享收益又能达到军民融合的目的。

如图6所示，当“军转民”企业与“民参军”企业一方参与知识共享时，另一方由0至0.1突变中，如“军转民”企业参与知识共享，“民参军”企业以较小的概率 ($z=0.1$) 进行策略调整时，

“民参军”企业会更加快速的演化至 (1, 1, 1) 的稳定状态, 可知军民融合企业在政府“强监管”策略, 一方积极参与知识共享的前提下, 另一方企业主体更加倾向于积极参与知识共享, 有利于维持军民融合企业的合作关系, 增加军民双方的知识储存, 使参与知识共享的各方主体受益。

由上述分析可知, 当政府处于“弱监管”军民融合企业状态下, “军转民”企业与“民参军”企业参与知识共享的意愿较低; 反之, 则参与度更高。政府选择“强监管”策略时, 当一方军民融合企业参与知识共享时, 其所带来的利益会间接鼓励另一方企业参与知识共享。因此, 政府更加愿意采取“强监管”策略, 能够促使军民融合集群企业更加愿意、有序参与知识共享, 使得政府监管付出最小成本, 得到最大收益; 并且, 政府“强监管”军民融合企业下的知识外泄风险最小化, 共享主体的共享程度增加, 使整体博弈达到 (1, 1, 1) 的稳定状态, 军民双方共享成果安全性、创新性达到最大。

(三) 政府、“军转民”企业与“民参军”企业三方主体敏感性因子分析

为研究不同变量的变化情况对政府、“军转民”企业、“民参军”企业三方知识共享策略选择的影响, 本研究将对军民融合产业集群三方主体的初始策略进行突变分析, 找出其变量的数值变化对仿真结果的影响。

1. 政府策略选择的敏感性因子分析。假设政府的初始状态为“弱监管”, 并以 $x=0.1$ 的概率进行突变, 可发现, 政府“强监管”军民融合企业成本 G_1 、“强监管”军民融合企业收益 m 以及政府“弱监管”军民融合企业时所获收益占政府“强监管”时所获收益的比值 b 会较敏感地影响政府的策略选择。

如图 7 所示, 表示“强监管”军民融合企业成本 G_1 的数值变化对政府策略选择的影响, G_1 取值分别为 3、4、6, 从图中可看出, 当政府“强监管”军民融合企业成本越高时, 政府强监管策略选择收敛速度将越慢, 即随着“强监管”成本增大到一定数额, 政府将不愿意继续采取“强监管”策略, 其监管力度对于军民融合企业参与知识共享程度有重要影响, 政府应重点关注如何在现有条件下降低监管成本以维持市场秩序, 吸引更多企业参与军民融合。

如图 8 所示, m 取值分别为 7、10、13, 可发现政府“强监管”收益越大时, 曲线收敛至稳定状态的速度越快, 表明政府收益越高时, 政府更加愿意加强对军民融合企业的监管力度; 图 9 中曲线 1、2、3 分别表示比值 b 为 0.5、0.6、0.7, 曲线的变化趋势充分表明, 政府“弱监管”收益占比越高, 政府倾向于“强监管”军民融合企业的意愿越低, 政府达到“强监管”策略的稳定状态速度越慢。政府“强监管”军民融合企业的收益不断增多时, 政府将会不断增加对军民融合企业的投

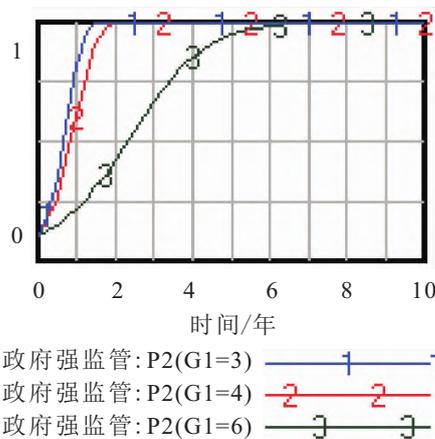


图 7 “强监管”军民融合企业成本 G_1 对政府策略选择的影响

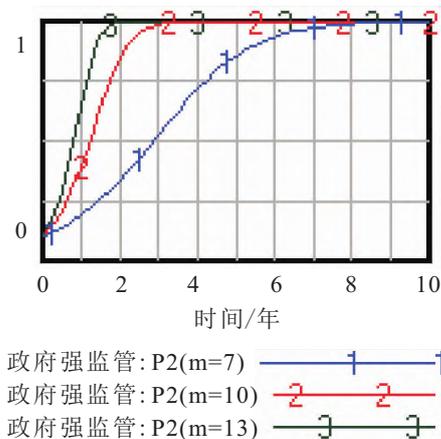


图 8 “强监管”收益 m 对政府策略选择的影响

资，并加强各项公共资源的供给，以提升军民融合企业的创新能力。

2. “军转民”企业策略选择的敏感性因子分析。假设“军转民”企业的初始状态为不参与知识共享，并以 $y=0.1$ 的概率进行突变，对其相关参数进行动态仿真可发现，政府对不参与知识共享的“军转民”企业惩罚 F_a 、政府对不参与知识共享的“民参军”企业惩罚 F_b 、“军转民”企业知识存量 π_a 以及知识共享意愿系数 ρ 四个方面对“军转民”企业的策略选择有较大的影响。

随着政府对不参与知识共享的“军转民”企业惩罚值越高，如图 10 所示，曲线分别表示 F_a 为 17、18、19，“军转民”企业参与知识共享策略的稳定状态速度越快；从政府对不参与知识共享的“民参军”企业惩罚曲线可看出（如图 11 所示，曲线分别表示 F_b 为 37、40、44），政府对不参与知识共享的“民参军”企业惩罚会影响“军转民”企业的策略选择，当惩罚数额越大时，曲线趋向于 1 的速度越快，惩罚值越低时意味着“军转民”企业付出的知识成本降低，企业承担的风险上升，参与知识共享的概率下降，而当政府惩罚值较大时，因难以平衡企业自身得失，将会积极参与知识共享并提高企业创新力，由此，政府应适度增加对不参与知识共享行为的惩罚金额。

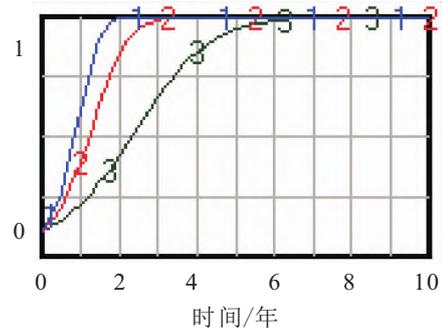
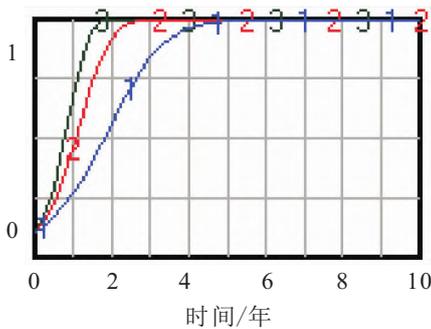
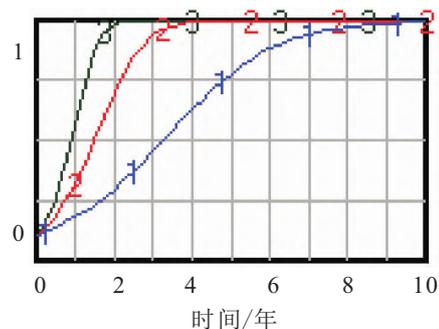


图 9 “弱监管”时所获收益占比 b 对政府策略选择的影响



政府强监管企业参与知识/享: M2-1
政府强监管企业参与知识/享: M2-2
政府强监管企业参与知识/享: M2-3

图 10 对“军转民”企业惩罚 F_a 对其策略选择的影响



政府强监管企业参与知识/享: M3-1
政府强监管企业参与知识/享: M3-2
政府强监管企业参与知识/享: M3-3

图 11 对“民参军”企业惩罚 F_b 对其策略选择影响

图 12 表示“军转民”企业知识存量 π_a 对其策略选择的影响，其中曲线分别为 15、17、19，表示出“军转民”企业知识存量较小时趋向于稳定的速度较快，这是由于公式中与知识存量 π_a 相关的变量——知识共享意愿系数 ρ 以及知识溢出风险系数 σ ，均与其所在公式呈负相关，当企业知识存量较小时，与之相关变量对公式的影响越小，故其趋向于 1 的速度越快；知识共享意愿系数 ρ 也对“军转民”企业策略选择有较大的影响，图 13 中曲线分别为 0.01、0.05、0.07，由上文对知识共享意愿系数的理解可看出，知识共享意愿系数 ρ 与企业选择参与知识共享的策略呈负相关关系，从曲线走势中亦可看出知识共享意愿系数越大，“军转民”企业参与知识共享策略的稳定状态速度

越慢，当共享意愿 ϑ 较大或知识溢出风险系数 σ 较大时，企业往往因怕受到“搭便车”影响丧失自身相对竞争优势，选择不参与知识共享，企业间的合作关系也将终止，为维护企业间的合作创新关系，政府应最大程度保障知识共享的安全性，鼓舞军民融合企业参与知识共享。

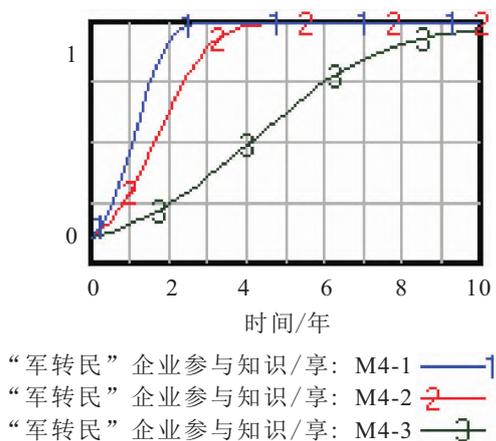


图 12 知识存量 π_a 对其策略选择的影响

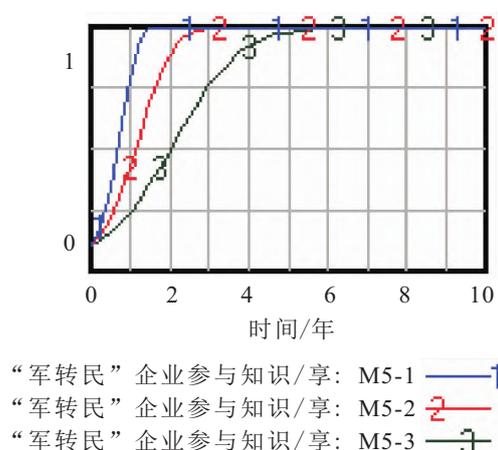


图 13 知识共享意愿系数 ϑ 对其策略选择的影响

3. “民参军”企业策略选择的敏感性因子分析。假设“民参军”企业的初始状态为不参与知识共享，并以 $z=0.1$ 的概率进行突变，经过仿真可看出，“民参军”企业策略选择的影响因子与“军转民”企业相似，参见图 10—13。影响因子分别为，政府对不参与知识共享的“军转民”企业惩罚 F_a 、政府对不参与知识共享的“民参军”企业惩罚 F_b 、“民参军”企业知识存量 π_b 以及知识共享意愿系数 ϑ 四个方面对“民参军”企业策略选择有较大的影响。

图 14 中曲线 1、2、3 分别表示 F_a 为 33、37、41，图 15 中曲线 1、2、3 分别表示 F_b 为 17、19、20，图 14 与图 15 中的曲线走势均表明政府对不参与知识共享的军民融合企业惩罚值较大时，曲线的稳定速度越快，企业更倾向于参与知识共享，同政府对“军转民”企业的惩罚值影响类似，政府对军民融合企业的奖惩力度在企业是否选择参与知识共享上有一定关联，也进一步表明，罚金对于军民融合企业有直接的管控作用，对军民融合企业的参与度有影响力。

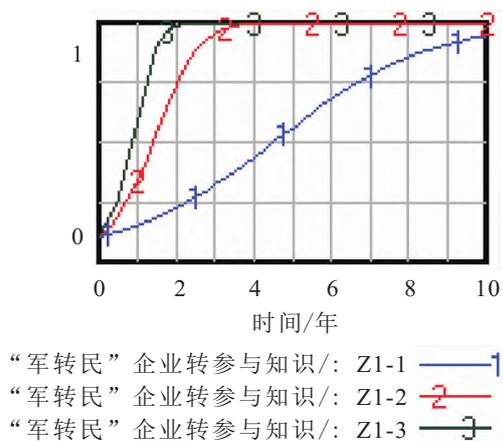


图 14 对“军转民”企业惩罚 F_a 对其策略选择的影响

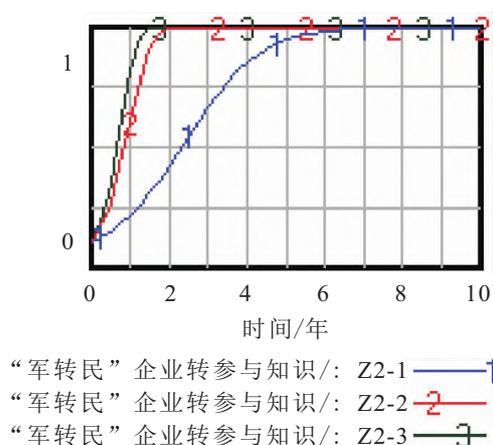


图 15 对“民参军”企业惩罚 F_b 对其策略选择影响

图 16 为“民参军”企业知识存量 π_b 对其策略选择的影响, 其中 Z3-1、Z3-2、Z3-3 分别为 10、13、17, 由于公式中与知识存量 π_a 相关的两个变量 ϑ 和 α 均与其所在公式呈负相关, 当企业知识存量较大时, 与之相关变量对公式的负向影响越大, 故其趋向于 1 的速度越慢; 当共享意愿系数为 0.03、0.06、0.09 时 (如图 17 Z4-1、Z4-2、Z4-3 所示), 知识共享意愿系数 ϑ 与“民参军”企业选择参与知识共享的策略呈负相关关系, 当共享意愿 ϑ 较小时, 曲线趋向于 1 的速度越快, 企业选择不参与知识共享的概率也就越小。可以看出, 军民融合企业的策略选择与政府监管、企业间的信任有较强的关系, 政府的监管力度较大时, 军民融合企业更加信任其所在市场, 而选择参与知识共享的策略有利于军民融合企业的发展, “军转民”企业与“民参军”企业更主动参与其中。

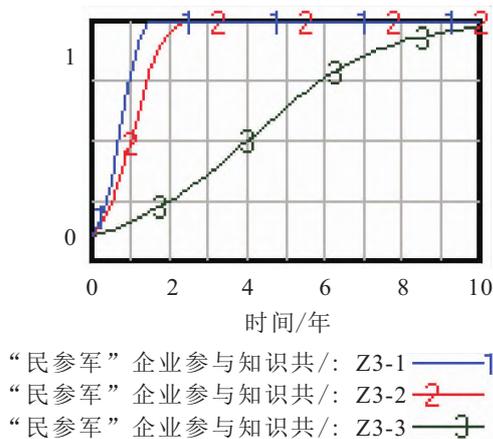


图 16 知识存量 π_b 对其策略选择的影响

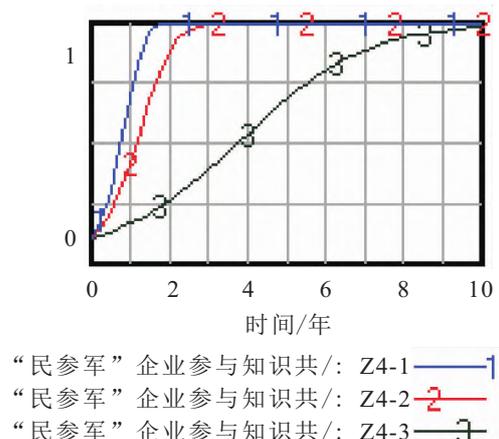


图 17 知识共享意愿系数 ϑ 对其策略选择的影响

五、结 语

本研究应用演化博弈和系统动力学的思想, 构建政府、“军转民”企业、“民参军”企业三方知识共享演化博弈模型, 并通过构建 SD 模型对其仿真模拟分析。从其仿真结果中可发现: 无论政府、“军转民”企业和“民参军”企业在初始状态时为何种策略, 为使博弈达到稳定状态, 三方最终均会在政府“强监管”、“军转民”企业参与知识共享以及“民参军”企业参与知识共享时达到均衡; 分析影响政府的策略选择的敏感性因子中, 政府“强监管”军民融合企业的成本 G_1 越低、“强监管”军民融合企业的收益 m 越高以及政府“弱监管”军民融合企业时所获收益占政府“强监管”时所获收益的比值 b 越低时, 政府倾向于“强监管”军民融合企业的意愿越强, 政府采取“强监管”策略的稳定状态速度越快; 分析影响“军转民”企业和“民参军”企业的策略选择的敏感性因子中, 政府对各自不参与知识共享企业的惩罚 (F_a , F_b)、“军转民”企业和“民参军”企业各自的知识存量 (π_a , π_b) 以及知识共享意愿系数 ϑ 会显著影响其策略选择。为提高“军转民”企业和“民参军”企业知识共享意愿, 政府应提高监管力度、酌情提高其对不参与知识共享企业的惩罚力度, 军民融合企业应考虑与知识存量相关变量的影响程度, 使曲线趋向于 1 的速度达到最佳。

基于上述研究结果, 本研究认为, 军民融合产业集群内各主体通过正式或非正式的交流积极共享知识, 降低共享知识成本, 增加共享收益。针对知识共享与军民融合重难点一一破解, 政府应兼顾“军转民”企业、“民参军”企业等军民融合各方主体利益, 积极搭建共享平台, 加强监管力度,

减少知识外溢风险,保证资源共享安全性,加强对市场信息的反应度,如出现监管不到位导致的知识外溢现象,及时处理问题,增强军民融合企业知识共享信心;通过政策支持以及对参与军民融合各主体的补贴强度给予扶持,对不参与军民融合各主体给予合理惩罚,有效设置补贴手段、惩罚机制将影响企业行为的选择,在提高军民融合主体的努力程度的同时,保证参与主体不退出共享行为,如补贴比例、惩罚金额越高,军民融合主体参加共享的意愿、合作共赢的机会越高,推动军民融合产业集群创新;共享合作方要求技术保密,军民融合企业共享时尽可能技术匹配、“融合”的标准一致;“军转民”企业和“民参军”企业知识存量差距较大时,应结合军民双方的知识特征,通过共享机制进行知识交融,持续推进“融合”的工作进展,提升军民融合企业参与知识共享意愿。

总体来看,军民融合产业集群通过知识共享实现军民融合协调发展;通过政府监管手段,深度发挥军民融合产业集群的主导作用,鼓励军民融合企业积极参与知识共享、缩小军民融合企业间的知识势差,推动军民融合深度发展。然而,本文仅考虑了政府“强监管”与“弱监管”、“军转民”企业“参与”与“不参与”知识共享、“民参军”企业“参与”与“不参与”知识共享的策略选择,而并未考虑政府中等监管以及军民融合其他主体参与其中的策略选择,在考虑多方主体参与、多策略选择的情形下,如何实现军民深度融合需进行更深层次的探讨。

参考文献

- [1] 汤薪玉,黄朝峰,马浚洋.军民融合“隐形冠军”企业创新特征研究[J].科技进步与对策,2019(5).
- [2] 方炜,郑立明.生物进化视角下军民融合企业技术转移机制研究[J].科研管理,2021(1).
- [3] Xu,J.,S.Zhang. An evaluation study of the capabilities of civilian manufacturing enterprises entering the military products market under the background of China's civil-military integration[J]. *Sustainability*,2020(6).
- [4] 方炜,孙泽华,唐路路.军民融合创新研究综述与展望[J].科研管理,2020(3).
- [5] 闫佳祺,罗瑾琦,贾建锋,等.军民融合企业突破性创新的实现路径:基于“上海天安”的案例研究[EB/OL]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20210416.1041.006.html>,2021-04-16.
- [6] 张于喆.新时期推进军工行业加强军民融合发展的对策建议[J].宏观经济研究,2017(9).
- [7] 方炜,校利敏,杨步,等.民参军知识转移影响因素实证研究——基于军民融合协同创新视角[J].科学学研究,2019(4).
- [8] Yang,X.,S.Liao,R.Li. The evolution of new ventures' behavioral strategies and the role played by governments in the green entrepreneurship context: An evolutionary game theory perspective[J]. *Environmental Science and Pollution Research International*,2021(24).
- [9] 白俊红,卞元超.政府支持是否促进了产学研协同创新[J].统计研究,2015(11).
- [10] 曲国华,杨柳,曲卫华,等.第三方国际环境审计下考虑政府监管与公众监督策略选择的演化博弈研究[J].中国管理科学,2021(4).
- [11] 白礼彪,白思俊,杜强,等.基于“五主体动态模型”的军民融合协同创新体系研究[J].管理现代化,2019(1).
- [12] 米俊,杜泽民.以价值共创为中介的集群发展对军民融合产业园区内企业绩效影响及发展路径研究——基于山西省长治市军民融合园区样本的调查[J].商业研究,2019(5).
- [13] Takeuchi,N. *The Knowledge-creating Company*[M]. Oxford:Oxford University Press,1995.
- [14] 李梅芳,阮迪,齐海花.知识技能型共享经济双边参与影响因素研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),2020(6).
- [15] Colombo,G.M.,E.Piva,C.Rossi-Lamastra. Authorising employees to collaborate with communities during working hours:When is it valuable for firms? [J]. *Long Range Planning*,2013(3).
- [16] 赵黎明,孙健慧,张海波.基于微分博弈的军民融合协同创新体系技术共享行为研究[J].管理工程学报,2017(3).

- [17]Evslin,J. Research on the production efficiency of China civilian military listed companies[J]. *Journal of Scientific and Industrial Research*,2018(3).
- [18]刘纪达,麦强,王健. 基于扎根理论和 PMC 模型的军民科技政策评价研究[J]. 科技管理研究,2020(23).
- [19]曹霞,邢泽宇,张路蓬. 政府推动下的军民融合深度发展协同创新模式研究——以西安市为例[J]. 运筹与管理,2020(6).
- [20]韩国元,武红玉,孔令凯,等. 科技中介参与下军民技术融合行为的演化博弈研究[J]. 运筹与管理,2020(11).
- [21]徐建中,朱晓亚,贯君. 基于演化博弈的制造企业研发团队知识转移网络演化[J]. 系统工程学报,2018(2).
- [22]Joseph,K.,A. Thevaranjan. Monitoring and incentives in sales organizations: An agency-theoretic perspective[J]. *Marketing Science*,1998(2).
- [23]Friedman,D. Evolutionary games in economics[J]. *Econometrica*,1991(3).
- [24]高杰,丁云龙. 军民融合产业联盟的新生境构成、组织形态与治理结构走向研究[J]. 公共管理学报,2019(4).
- [25]周阳,周冬梅,丁奕文,等. 军民融合技术转移的路径演化及其驱动因素研究——“中物技术”2004—2017 案例研究[J]. 管理评论,2020(6).

Research on the Knowledge Sharing Mechanism of Military-civilian Integration Industrial Cluster Considering Government Supervision

MI Jun, ZHANG-yue, QU Guo-hua

Abstract: In order to promote the development of military-civilian integration and build a multi-domain, all-element, high-efficiency military-civilian integration framework, it is crucial to identify the factors that influence the knowledge sharing in the interaction and break the bottleneck. Therefore, based on evolutionary game theory and system dynamics, this research studies the decision-making evolution process of knowledge sharing mechanism of military-civilian integration industrial cluster under government supervision and systematically investigates the behavior interaction between local government and military-civilian integration industry and its influencing factors. The research results show that with the deep integration, in the long run, the three parties will eventually reach a balanced state when the government “strong supervision”, “military-to-civilian” enterprises and “civil-involved military” enterprises participate in knowledge sharing. The sensitive parameters that affect the choice of the three parties’ strategy are different. From a short-term perspective, the costs and benefits of “strong supervision” and the benefits of “weak regulation” significantly affect the government’s strategic choices. The punishments imposed by the government on enterprises, the knowledge stock of enterprises, and the willingness to share knowledge significantly affect the strategic choices of “military-to-civilian” enterprises and “civil-involved military” enterprises respectively.

Key words: military-civilian integration industrial cluster; knowledge sharing; “military-to-civilian” enterprises; “civil-involved military” enterprises

(责任编辑 周振新)