

“长江经济带”背景下政府补贴与企业生态建设行为分析^{*}

刘加伶¹, 时岩钧², 陈 庄¹, 朱艳蓉², 石良娟²

(1. 重庆理工大学 计算机科学与工程学院; 2. 重庆理工大学 管理学院, 重庆 400054)

摘要:【目的】从演化博弈视角研究地方政府与当地企业之间的行为演化过程, 探究绿色发展中政府与企业之间协同合作的行为机制。【方法】构建了政府企业行为策略博弈模型, 采用系统动力学对政企之间的利益互动关系进行博弈仿真和分析。【结果】政企双方初始意愿、采取措施成本以及双方合作时风险系数的变化都对博弈双方的策略行为有着显著影响; 降低政企双方环境治理成本与减小合作时的风险系数能有效抑制双方行为波动, 促使博弈达到理想状态。【结论】研究结果为长江经济带生态补偿政策提供了参考依据。

关键词:演化博弈; 政府企业; 系统动力学; 长江经济带

中图分类号:F426; O225

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2019)03-0139-08

长江经济带是中国“T”型经济轴线的中心, 具有优越的区位条件、城市体系、经济基础及资源禀赋, 担负着极为重要的战略地位, 然而近些年来, 该经济带的经济发展却受到资源生态环境问题的制约。因此, 政府制定了“长江经济带绿色发展”战略, 旨在推动长江生态环境绿色健康发展。但2017年的生态环境审计结果^[1]显示长江经济带生态环境现状仍十分严峻。其中原因在于政府绿色发展长期环境规划与企业短期经济利益的冲突, 导致生态资源利用不合理。为兼顾长江经济带短期利益和长期发展, 必须加强政企在环境治理中的协同合作。这是提高长江经济带绿色发展水平、守护“绿水青山”、建设“金山银山”的必经之路。

近些年来国内外学者对绿色发展过程中政府企业的行为方式进行了较多研究。当前中国绿色发展主要是中央制定绿色发展考核机制, 交由地方来具体执行^[2], 而地方绿色发展政策顺利进行的关键在于与企业的协同合作, 实质是政府、企业之间相关利益的博弈。从政府行为方面来看, 主要集中在政府监管^[3]与企业被动逃避责任^[4]等进行分析。例如Chen等人^[5]用博弈论算出政府的最优惩罚值; 也有研究从政企合谋^[6]与政府激励^[7]保护环境来分析环境保护中政企的互动关系; 许家云等人^[8]从经济角度考察了政府补贴对企业行为的影响。从企业行为方面来看, 学者们对于政府补贴^[8]、企业社会责任^[9]、环境税制^[10]等对企业生态建设行为的影响也进行探究。张学刚等人^[11]从企业声誉成本出发, 建议引入第三方监督机构来促进企业减少环境排污; 马小明等人^[7]从政府激励机制入手, 详细探讨了政府、企业之间从零和博弈转为合作博弈的可能性; Tao等人^[9]利用支付矩阵算出环境治理中监管成本、处罚力度, 以及企业的社会责任是影响环境治理状况演变的关键因素。上述研究成果无疑对中国绿色发展有着巨大的推动作用, 但也存在一些不足: 1) 研究者较少探究政府实施激励性政策后企业生产方式转变。2) 研究内容多以政府监督为出发点, 缺乏对企业自身生态建设意愿的关注。因此, 本文建立地方政府与企业补贴(保护)行为策略的演化博弈模型, 借助系统动力学对双方行为趋势进行仿真研究, 从政府激励补贴措施的角度出发, 探索地方政府与企业之间在绿色发展过程中的行为变化, 以期为长江经济带绿色发展工作提供理论依据。

1 长江经济带政府与企业行为的博弈分析

1.1 问题描述

政府与企业在绿色发展政策背景下的行为选择, 受制于补贴成本、企业收益、合作风险系数等多方面因素影

* 收稿日期: 2018-10-31 修回日期: 2019-04-02 网络出版时间: 2019-05-09 19:29

资助项目: 重庆市研究生科研创新项目(No. CYS18316)

第一作者简介: 刘加伶, 女, 教授, 研究方向为信息管理与企业信息化, E-mail: jialinliu@cqu.edu.cn; 通信作者: 时岩钧, 男, E-mail: 18408259868@163.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20190509.1929.010.html>

响。随着中国地方环境负责制的推行,地方政府对辖区内环境质量与绿色发展水平有了更多监督管理权力。同时,企业出于对自身声誉成本与社会收益的考虑,也有较强的积极性来升级技术减少污染物的排放,但这并不能完全使政府与企业之间的利益达到均衡,势必有些企业受短期经济利益的驱使不按章办事,政府也可能在环境治理中存在寻租行为。长江经济带绿色发展是否顺利取决于政府与企业的补贴(保护)行为的合作程度,只有发挥出双方合作后的资源优势,才能促进长江经济带绿色发展。本文将政府与企业进行博弈时改变概率变化率等同于群体选择实施措施概率,假设博弈时双方有合作或不合作两种选择。其中,政府的策略集为{补贴,不补贴},企业生态建设的策略集为{保护,不保护}。

1.2 政府与企业博弈模型假设

基于以上研究,构建演化博弈矩阵。并依据博弈中参与主体有限理性,对不同策略下政府、企业的收益与成本做以下假设:

假设 1:当政府选择不补贴企业的时候,企业选择不保护环境时,两个群体的基本收益是 Q_i, Q_j 。

假设 2:若当政府选择补贴企业时,付出的成本记为 C_i ,将政府选择补贴时引发的超额收益记为 R_i ,此时政府改变可能存在的风险系数记为 β_i 。政府的收益记为 $Q_i + R_i - \beta_i C_i$,此时企业选择不保护模式,收益仍记为 Q_j 。

假设 3:同理,在政府选择不补贴企业,企业出于自身声誉或政策考虑选择生态建设时,企业所付出的成本记为 C_j ,将企业选择生态建设时能达到的超额收益记为 R_j ,由于经济收益损失等原因,企业改变可能存在的风险系数记为 β_j ,企业收益记为 $Q_j + R_j - \beta_j C_j$,此时政府不进行补贴,收益仍记为 Q_i 。

假设 4:若企业和政府都愿意改变自身行为,协同合作进行绿色发展,此时双方的风险系数也会随之发生改变,记为 W_i, W_j 。此时企业收益为 $Q_j + R_j - W_j C_j$,政府收益为 $Q_i + R_i - W_i C_i$ 。同时设政府改变采取保护措施的概率为 X ,不采取保护措施的概率为 $1-X$ 。企业采取补贴措施的概率为 Y ,不采取补贴措施的概率为 $1-Y$ 。基于以上假设构建绿色发展支付矩阵,见表 1。

表 1 绿色发展中政府与企业的阶段支付矩阵

Tab. 1 Phase payment matrix of government and enterprise in green development

政府策略选择	企业策略选择	
	保护 Y	不保护 $1-Y$
补贴 X	$(Q_i + R_i - W_i C_i, Q_j + R_j - W_j C_j)$	$(Q_i + R_i - \beta_i C_i, Q_j)$
不补贴 $1-X$	$(Q_i, Q_j + R_j - \beta_j C_j)$	(Q_i, Q_j)

根据上文分析,可以构建博弈双方的期望收益函数。其中,政府选择补贴时的期望收益为:

$$E_g^a = Y(Q_i + R_i - W_i C_i) + (1-Y)(Q_i + R_i - \beta_i C_i); \quad (1)$$

政府选择不补贴时的期望收益为:

$$E_g^n = YQ_i + (1-Y)Q_i; \quad (2)$$

可得到政府的平均收益函数为 $\bar{E}_g = XE_g^a + (1-X)E_g^n$ 。

同理,得到企业选择保护策略的期望收益:

$$E_b^p = X(Q_j + R_j - W_j C_j) + (1-X)(Q_j + R_j - \beta_j C_j); \quad (3)$$

企业选择不保护策略的期望收益:

$$E_b^n = XQ_j + (1-X)Q_j; \quad (4)$$

可得到企业的平均收益函数收益为:

$$\bar{E}_b = YE_b^p + (1-Y)E_b^n. \quad (5)$$

1.3 政府企业演化博弈分析

根据 Malthusian 动态方程^[12],策略变化率等于微分方程,得到双方演化稳定策略的复制动态方程,进而求出政府企业之间的演化稳定策略。政府实行补贴措施的复制动态方程为:

$$F(g) = F(x) = (1-X)(E_g^a - \bar{E}_g) = X(1-X)[Y(Q_i + R_i - W_i C_i) + (1-Y)(Q_i + R_i - \beta_i C_i) - Q_i], \quad (6)$$

$$F'(g) = (1-2X)[Y(Q_i + R_i - W_i C_i) + (1-Y)(Q_i + R_i - \beta_i C_i) - Q_i]. \quad (7)$$

企业实行补贴措施的复制动态方程为:

$$F(b) = F(y) = (1-Y)(E_b^p - \bar{E}_b) = Y(1-Y)[X(Q_j + R_j - W_j C_j) + (1-X)(Q_j + R_j - \beta_j C_j) - Q_j], \quad (8)$$

$$F'(b) = (1-2Y)[X(Q_j + R_j - W_j C_j) + (1-X)(Q_i + R_i - \beta_i C_i) - Q_i]。 \quad (9)$$

根据(6),(8)式构成模型的动态复制方程,可以求解出系统的5个局部均衡点,分别为A(0,0),B(0,1),C(1,0),D(1,1),E(X*,Y*)= $\left(\frac{\beta_j C_j - R_j}{(\beta_j - W_j) C_j}, \frac{\beta_i C_i - R_i}{(\beta_i - W_i) C_i}\right)$,对于群体动态系统的均衡点稳定性分析可以通过该系统的雅可比矩阵稳定性判断得到,根据Frideman思想,分别对F(g),F(b)进行求导,得到雅克比矩阵如下:

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(g)}{\partial g} & \frac{\partial F(g)}{\partial b} \\ \frac{\partial F(b)}{\partial g} & \frac{\partial F(b)}{\partial b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2X)[Y(Q_j + R_j - W_j C_j) + X(1-X)(\beta_i - W_i) C_i] & (1-2Y)[X(Q_j + R_j - W_j C_j) + X(1-X)(\beta_i - W_i) C_i] \\ (1-Y)(Q_i + R_i - \beta_i C_i) - Q_i & Y(1-Y)(\beta_j - W_j) C_j \\ Y(1-Y)(\beta_j - W_j) C_j & (1-2Y)[X(Q_j + R_j - W_j C_j) + X(1-X)(\beta_i - W_i) C_i] \\ (1-X)(Q_j + R_j - \beta_j C_j) - Q_j & (1-X)(Q_j + R_j - \beta_j C_j) - Q_j \end{bmatrix}$$

进而得到雅可比矩阵行列式与迹,如表2所示。

表2 雅可比矩阵行列式与迹

Tab. 2 Determinant and trace of jacobian matrix

均衡点	$\det \mathbf{J}$	$\text{tr} \mathbf{J}$
A(0,0)	$(R_i - \beta_i C_i)(R_j - \beta_j C_j)$	$R_i - \beta_i C_i + R_j - \beta_j C_j$
B(1,0)	$-(R_i - \beta_i C_i)(R_j - W_j C_j)$	$-R_i + \beta_i C_i + R_j - W_j C_j$
C(0,1)	$-(R_i - W_i C_i)(R_j - \beta_j C_j)$	$R_i - W_i C_i - R_j + \beta_j C_j$
D(1,1)	$(R_i - W_i C_i)(R_j - W_j C_j)$	$-R_i + W_i C_i - R_j + W_j C_j$
E(X*,Y*)	$-\frac{(\beta_i C_i - R_i)(R_i - W_i C_i)}{(\beta_i - W_i) C_i} \times \frac{(\beta_j C_j - R_j)(R_j - W_j C_j)}{(\beta_j - W_j) C_j}$	0

由上文可知X,Y代表双方选择策略的概率变化情况,所以 $0 \leq X \leq 1, 0 \leq Y \leq 1$,由此可得 $0 \leq \frac{\beta_j C_j - R_j}{(\beta_j - W_j) C_j} \leq 1$,
 $0 \leq Y = \frac{\beta_i C_i - R_i}{(\beta_i - W_i) C_i} \leq 1$,可得: $(\beta_j - W_j)(\beta_j C_j - P_j) \geq 0, (\beta_j - W_j)(W_j C_j - P_j) \leq 0, (\beta_i - W_i)(\beta_i C_i - P_i) \geq 0$,
 $(\beta_i - W_i)(W_i C_i - P_i) \leq 0$ 。

在情况1($W_i \geq \beta_i, W_j \geq \beta_j$)条件下,可得到的变量约束条件为: $\beta_j C_j \geq R_j, \beta_i C_i \geq R_i, W_i C_i \leq R_i, W_j C_j \leq R_j$ 。同理,对情况2、3分别进行推导,并对参数 $W_j, \beta_j, W_i, \beta_i$ 进行讨论,判断 $\det \mathbf{J}, \text{tr} \mathbf{J}$ 的符号,有两种情况符合其演化博弈的最优策略,具体情况见表3。

表3 局部均衡点的稳定性分析结果

Tab. 3 Stability analysis results of local equilibrium points

均衡点	情况1: $W_i \geq \beta_i, W_j \geq \beta_j$			情况2: $W_i \leq \beta_i, W_j \leq \beta_j$			情况3: $W_i \geq \beta_i, W_j \leq \beta_j$ 或 $W_i \leq \beta_i, W_j \geq \beta_j$		
	$\det \mathbf{J}$	$\text{tr} \mathbf{J}$	稳定性	$\det \mathbf{J}$	$\text{tr} \mathbf{J}$	稳定性	$\det \mathbf{J}$	$\text{tr} \mathbf{J}$	稳定性
A(0,0)	>0	>0	不稳定点	>0	<0	ESS	<0		不确定
B(1,0)	>0	<0	ESS	>0	>0	不稳定点	<0		不确定
C(0,1)	>0	<0	ESS	>0	>0	不稳定点	<0		不确定
D(1,1)	>0	>0	不稳定点	>0	<0	ESS	<0		不确定
E(X*,Y*)	<0	0	鞍点	<0	0	鞍点	非均衡点		

根据表3可知,在情况1($W_i \geq \beta_i, W_j \geq \beta_j$)下,5个均衡点中B(1,0),C(0,1)为渐进稳定的,策略分别为{补贴,不保护}、{不补贴,保护},此时企业和政府双方协同合作的风险系数高于政企双方单独行动的风险系数,各自治理更符合双方的利益所需,进而政府与企业不会选择协同合作来维护环境建设,以折线CEB为界,将AB-CD分割成CAD区域即双方实行{补贴,不保护}行为和ABD区域即双方实行{不补贴,保护}行为。当初始状态在ABD区域内,双方行为选择最终会收敛于政府实行补贴政策,企业不实行生态保护行为,系统将收敛于(1,0)。当初始状态在CAD区域内,政府不实行补贴政策,企业实行生态保护,双方行为选择最终会收敛于(0,1),

如图 1 所示。

同理,在情况 2($W_i \leq \beta_i, W_j \leq \beta_j$)下,5 个均衡点中 $A(0,0), D(1,1)$ 为渐进稳定状态,策略分别为{不补贴,不保护}、{补贴,保护},此时企业和政府双方协同合作的风险系数要小于双方各自治理的风险,选择协同治理更符合双方的利益所需,导致政府与企业在进行生态建设时,会选择合作来协同维护环境建设,以折线 AED 为界,将 ABCD 分割成 ABC 区域即双方实行{不补贴,不保护}行为和 BCD 区域即双方实行{补贴,保护}行为。当初始状态在 ABC 区域内,双方行为选择最终会收敛于政府不实行补贴政策,企业不实行生态保护行为,系统将收敛于 $(0,0)$ 。当初始状态在 BCD 区域内,政府实行补贴政策,企业实行生态保护,双方行为选择最终会收敛于 $(1,1)$,如图 2 所示。

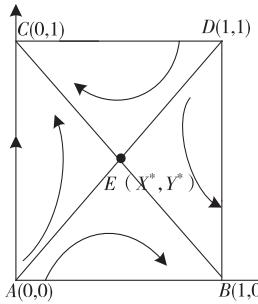


图 1 情况 1 状态下系统动态演化过程

Fig. 1 Case 1 system dynamic evolution process diagram

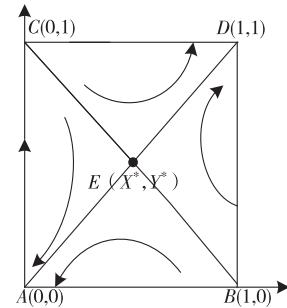


图 2 情况 2 状态下系统动态演化过程

Fig. 2 Case 2 system dynamic evolution process diagram

通过 CEDB 的面积可描述长期均衡策略的概率,具体表示如下:

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{W'_j C_j - R_j}{(W'_j - W_j) C_j} \frac{W'_i C_i - R_i}{(W'_i - W_i) C_i} \right) \quad (10)$$

四边形 CEDB 的面积受到双方博弈初始状态、改变行为后的超额收益与改变所面临的风险的共同作用,CEDB 的面积越大,系统收敛于均衡点 D 的概率就越大,反之收敛于均衡点 O 的概率就越大。

2 演化博弈 SD 模型仿真及分析

2.1 政府与企业行为绿色发展的系统动力学模型

政府与企业行为系统动力学模型仿真主要是验证上文演化博弈模拟结果的正确性和有效性。本文基于系统动力学思想,在 Vensim 上进行仿真研究。设计思路按照系统动力学的观点,在长江经济带绿色发展 SD 模型中,分别设置上下游政府改变概率变化率 A 与 B ,SD 模型中改变概率变化率受改变态度引发的超额收益、进行改变所付出的成本、改变伴随的相应的风险系数等辅助变量相互影响,进而构建具有双回路、多变量的系统动力学模型,本研究假设流位变量与外部变量皆为正数,各博弈主体的支付与收益值为正,模型如图 3 所示。

假设博弈模型中主要由 4 个流位变量、2 个流率变量、10 个外部变量构成。4 个流位变量分别表示在政府采取“补贴”措施和企业采取“保护”措施的概率;2 个流率变量表示政府部门采取“补贴”策略和企业中采取“保护”策略的改变概率变化率。在变量的赋值上,Sterman^[13]认为仿真的意义不在于完全符合现实,衡量的标准是在多大程度上揭示出事物变化规律性。Guan 等人^[14]认为 SD 模型衡量的是整体系统的行为趋势及相关政策变化的影响。Marroquin 等人^[15]的研究也指出系统动力学中模型结构的正确性是模型成立的基础。为了进一步分析政府、企业在绿色发展博弈中的策略关系,根据文献[16]的赋值方法,对模型涉及的外生变量进行赋值。所有仿真值的选定主要考虑各个相关因素的改变对政府、企业策略选择的敏感性分析,每个仿真值并不代表现实生态补贴中的各方的收益值。图中箭尾与方程中的自变量相连,箭头与因变量相连,此时赋值符合情况 1($W_i \geq \beta_i, W_j \geq \beta_j$)的要求。具体变量赋值如下: $Q_j = 1.8, Q_i = 1.4, R_j = 0.4, R_i = 0.3, \beta_j = 0.4, W_j = 0.7, \beta_i = 0.4, W_i = 0.7, C_i = 0.5, C_j = 0.5$ 。

2.2 系统动力学仿真结果研究

系统动力学模型中,SD 系统的初始值是一个关键变量,不同数值的设置会影响模型的演化幅度与速度,模型仿真从政府企业付出成本、企业不保护时基本收益、保护模式成本和上下游采取保护的概率等变量方面来改变参数,以此来观察其对演化结果的影响。

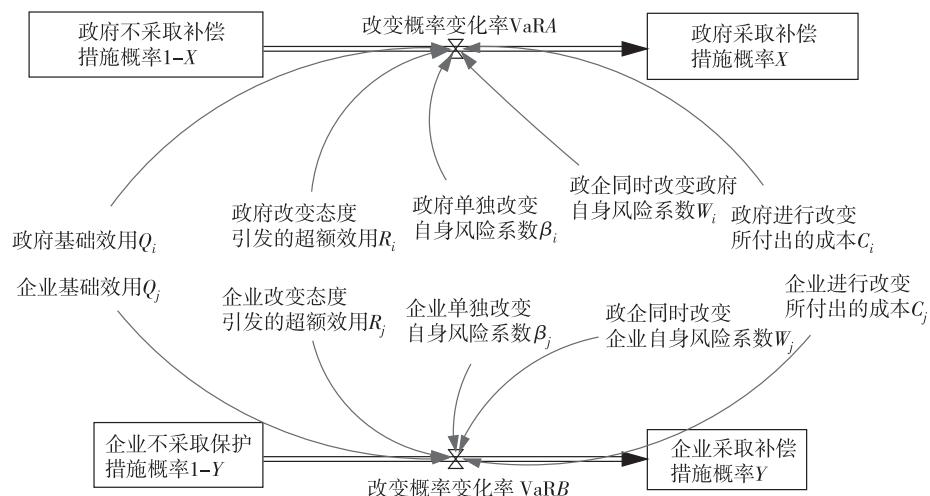


图3 长江经济带绿色发展 SD 模型

Fig. 3 SD flow chart of green development of Yangtze river economic belt

1) 政府企业初始演化过程。设置模型初始时间为0,因考虑到操作中政策执行实际时间节点及企业对政策的反应生效时间,将演化博弈过程时间单位为周,时间步长为0.5,可以更好地观察政策变化对于双方行为趋势的影响。 X 与 Y 分别代表政府与企业选择补贴(保护)策略的初始概率。为进一步观察政府企业不同初始状态时选择的策略概率变化情况,改变双方初始策略概率进行仿真分析,设企业策略改变概率 Y 为0.5,政府策略改变概率 X 分别为0.3,0.5,0.7,仿真的运行结果如图4所示。

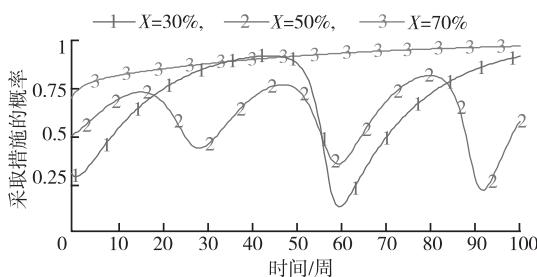


图4 政府策略行为的演化相图

Fig. 4 Evolution diagram of government strategic

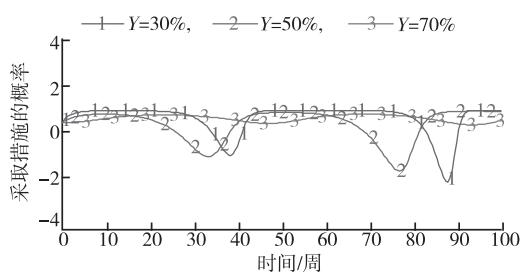


图5 企业策略行为的演化相图

Fig. 5 Evolution diagram of enterprise strategic

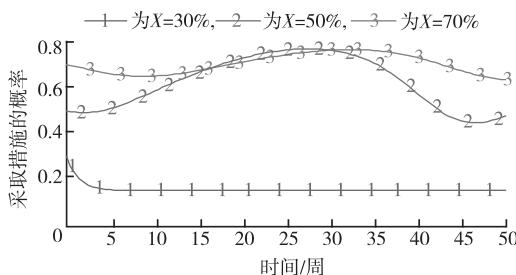
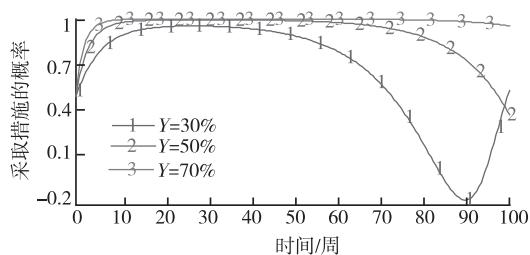
图4中可以看出,在 Y 值初始值固定时,政府采取措施概率受其初始值影响显著,当 X 值为0.7时,政府采取概率的曲线值会向上收敛至1,但当初始值为0.3与0.5时,政府采取概率曲线值会成“S”型曲线波动,无法达到稳定点。图5中 Y 值曲线也受 X 值初始值影响,当 X 初始值较高时, Y 值曲线较为平滑收敛达到稳定状态,此时企业采取绿色生产模式的积极性较高,当 X 值初始值较低时, Y 值曲线开始呈波动状态分布,且在一些时段内曲线值小于零。

结论1:当 X 值初始值较小的情况即政府实施补贴性政策意愿不强时,企业实施生态建设积极性不高。参照上文博弈结果,可知在双方博弈中,改变政企成本以及政企双方合作时的风险系数会使博弈更快达到均衡。

2) 改变政府补贴成本。在其他参数不变的情况下,按照表2中的条件,将政府改变所付出的成本 C_i 从0.5调整到0.3,得到双方博弈演化结果如图6、图7所示。

通过与图4、图5的比较发现,当政府治理成本 C_i 降低时, X,Y 的行为演化轨迹逐渐稳定,不在呈“S”型波动。图6中,当 X 为0.3时,政府采取补贴行为向下收敛,X为0.5,0.7时,政府采取补贴行为在向上收敛后逐渐放缓。图7中在 X 初始值较小时, Y 曲线的收敛方向会在短期上升后向下收敛,提升 X 值初始值为0.5,0.7后, Y 曲线的收敛方向有所改变,尤其是当 X 为0.7时 Y 曲线会向上收敛直至1。同理,企业治理成本 C_j 值降低后,演化路径也与上述路径相同,省略其过程。

结论2:当政企双方实施措施所付出的成本减少时,政府主动制定政策实施补贴行为概率会增加,政企两方有更大的积极性来实施补贴(保护)行为,符合上文演化博弈的推论。

图 6 $C_i=0.3$ 时政府策略行为演化相图Fig. 6 $C_i=0.3$ Evolution diagram of government strategic图 7 $C_i=0.3$ 时企业策略行为的演化相图Fig. 7 $C_i=0.3$ Evolution diagram of enterprise strategic

3) 改变政府企业风险系数对演化结果的影响。保持模型中其他参数不变,将政府企业的同时改变的风险系数与各自改变的风险系数重新赋值,使其符合情况 2($W_i \leqslant \beta_i, W_j \leqslant \beta_j$)的要求, $\beta_j = 0.7, W_j = 0.4, \beta_i = 0.7, W_i = 0.4$ 时,得到仿真结果如图 8、图 9 所示。

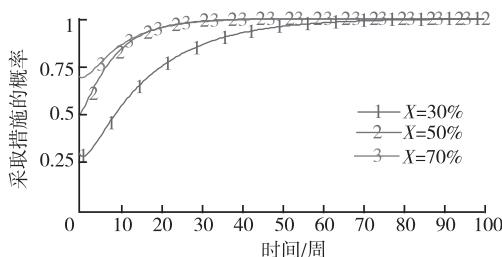


图 8 风险系数对政府策略行为演化影响

Fig. 8 Influence of risk coefficient on the evolution of government strategic behavior

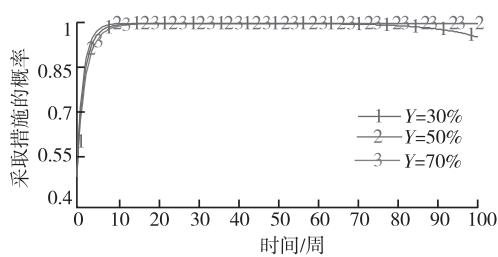


图 9 风险系数对企业策略行为演化影响

Fig. 9 Influence of risk coefficient on the evolution of enterprise strategic behavior

通过与图 4、图 5 比较分析可以发现,在企业政府合作的风险系数降低后,无论 X 的初始值如何变化, X, Y 曲线都会收敛到 1,且曲线收敛的斜率大小与 X 的初始值为正相关关系。当 X 的值提升至 0.7 时, X, Y 曲线收敛速度加快。

结论 3:当政企双方合作的风险系数低于政府企业单方面进行生态建设行为的风险系数时,政府企业将有更大的积极性实施补贴(保护)行为。政企双方在合作时所能规避的风险成本会对双方合作起到正向激励作用,在政策的激励下,企业有更大的积极性实施生态建设行为,进而促使双方均选择协同合作策略。

根据对模型中关键变量值的调整,动态对比政府企业补贴(保护)行为概率的演化趋势,发现基本与上文中双方动态演化路径相吻合。因此,绿色发展过程中政府企业所付出的补贴成本、改变态度所付出的超额收益、改变时所要承担的风险系数、都会影响到双方绿色发展治理模式的变化。政府补贴与企业生态建设(保护)成本两种参数会对双方采取措施概率的收敛速度与方向产生影响,参数值的适当调整会使政府企业补贴(保护)演化行为趋于稳定,政府企业共同改变时风险系数与各自改变时风险系数的差值会决定其演化方向。当前者大于后者时,政府与企业可能选择不合作态度。相反情况下,企业和政府有更大可能进行协同合作。

3 政府企业绿色发展中行为策略分析

在政府企业绿色发展行为博弈中,双方的利益诉求与行为影响因素各不相同,本文将政府与企业的行为影响因素进行博弈分析,得到演化博弈均衡解,进而通过 SD 模型进行初始状态策略分析^[17]、补贴成本策略分析、风险系数策略分析,探讨影响政企双方达到{补贴,保护}状态的关键变量。

3.1 初始状态策略分析

初始状态下政府采取补贴措施概率对企业生态保护行为影响显著,由结论 1 可知:绿色发展博弈过程中政府采取补贴措施积极性较高时,双方的补贴(补贴)行为趋势概率会逐渐向上收敛达到稳定状态,此时双方合作的积极性也会提高。因此政府如何引导企业的行为决策达到政策制定目的是政策实施的关键因素。在具体的措施上,可以引入第三方监督、清除双方行为冲突的阻碍。

3.2 补贴成本策略分析

绿色发展过程中政府的实施生态补贴的成本不仅影响着直接影响着企业的行为方式,对于政府自身行为选择也有深远的影响。由结论2可知:政企进行改变所付出成本的降低的对于双方绿色发展有着良好的促进作用。具体措施上,政府可以通过严格的环境质量监管与提高绿色生产补贴等措施,鼓励企业公开自身的生产环境情况。降低政府盲目投入成本而造成的经济损失。近些年来环保部所审议通过的《企业事业单位环境信息公开办法》,已逐渐落实到长江经济带沿岸省份,给企业绿色生产带来更大的信心,促使企业与政府协同治理环境,减小因企业的违规生产给长江经济带绿色发展带来的负面影响。

3.3 风险系数策略分析

降低政企双方合作时的风险是绿色发展顺利进行的关键因素,由结论3可知:政企合作时的风险系数与政府企业单方面采取补贴(保护)行为的风险系数对其演化行为有着重要意义,当前者大于后者时,政府企业双方协同治理环境的愿景会更为统一,使合作更易达到帕累托最优状态。因此在执行的过程中政府企业首先要构建利益共享机制,具体表现为政府制定切实可行的补贴政策,增加企业绿色发展的信心。例如浙江杭州正在开展政企联动保障水环境活动,并签订结对协议书,有力地促进水环境建设。政府在合作中也要注重引导企业公开自身生态建设信息,降低政府盲目补贴的风险。

上述策略分析可以使政府主动实施补贴政策以引导企业绿色生产^[18],促使企业自身生态建设意愿不断加强,积极打造环境友好型企业。制定并完善相关政府补贴与企业生态建设策略机制,有利于提高长江经济带绿色发展水平,促进经济与环境协同绿色发展。

4 结束语

绿色发展工作的长期性与持续性决定了构建长江经济带中政府企业行为选择机制的重要性。绿色发展中国家企业的行为机制应长期落实,否则将会陷入“主动补贴—守法建设—被动补贴—被动建设—主动补贴”的循环怪圈,违规排污现象得不到根本性解决。因此,本文基于绿色发展概念,应用博弈论与SD模型对长江经济带政府企业生态建设行为进行研究,并结合政府企业的具体利益诉求,提出相应的激励措施,为长江经济带绿色发展提供决策参考,具有一定的理论与实际意义。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国审计署办公厅.中华人民共和国审计署审计结果公告 2018 年第 3 号:长江经济带生态环境保护审计结果 [EB/OL].(2018-06-19)[2019-02-25]. <http://www.audit.gov.cn/n5/n25/c123511/content.html>. General Office of the National Audit Office of the People's Republic of China, Announcement of audit results of the national audit office of the People's Republic of China No. 3 of 2018: the Yangtze river economic belt of the ecological environment protection audit results [EB/OL].(2018-06-19)[2019-02-25]. <http://www.audit.gov.cn/n5/n25/c123511/content.html>.
- [2] 潘峰,西宝,王琳.基于演化博弈的地方政府环境规制策略分析[J].系统工程理论与实践,2015,35(6):1393-1404.
- PAN F,XI B,WANG L. Analysis of local government environmental regulation strategies based on evolutionary game [J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2015, 35 (6):1393-1404.
- [3] 杨林,高宏霞.基于经济视角下环境监管部门和厂商之间的博弈研究[J].统计与决策,2012(21):51-55.
- YANG L,GAO H X. A study on the game between environmental regulators and manufacturers from an economic perspective[J]. Statistics and Decision-Making, 2012(21): 51-55.
- [4] 卢方元.环境污染问题的演化博弈分析[J].系统工程理论与实践,2007,27(9):148-152.
- LU F Y. Evolutionary game analysis of environmental pollution problems[J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2007, 27(9):148-152.
- [5] CHEN W Y,HOU D. Game theory approach to optimal capital cost allocation in pollution control[J].Journal of Environmental Sciences,1998,10(2):231-237.
- [6] 蒋丹璐,曹国华.流域污染治理中政企合谋现象研究[J].系统工程学报,2015,30(5):584-593.
- JIANG D L,CAO G H. The phenomenon of collusion between government and enterprise in pollution control in river basin[J]. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(5): 584-593.
- [7] 马小明,赵月炜.环境管制政策的局限性与变革:自愿性环境政策的兴起[J].中国人口·资源与环境,2005,15(6): 19-23.
- MA X M,ZHAO Y W. Limitations and changes of environmental regulation policies: the rise of voluntary environ-

- mental policies[J]. China Population, Resources and Environment, 2005, 15(6): 19-23.
- [8] 许家云,毛其淋.政府补贴、治理环境与中国企业生存[J].世界经济,2016,39(2):75-99.
XU J Y, MAO Q L. Government subsidies, governance environment and the survival of Chinese enterprises [J]. World Economy, 2016, 39(2): 75-99.
- [9] TAO J G, XUE H F, HAN J X, et al. Complexity and evolutionary stability analysis in environmental pollution treatment games [J]. Environmental Science & Technology, 2009, 32(7): 89-93.
- [10] 俞杰.环境税“双重红利”与我国环保税制改革取向[J].宏观经济研究,2013(8):3-7.
YU J. "Double dividend" of environmental tax and the orientation of China's environmental tax reform[J]. Macroeconomic Research, 2013(8): 3-7.
- [11] 张学刚,钟茂初.政府环境监管与企业污染的博弈分析及对策研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(2):31-35.
ZHANG X G, ZHONG M C. Game analysis and countermeasures of government environmental supervision and enterprise pollution[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(2): 31-35.
- [12] MARSHALL G A, JONKER B P, MORGAN M K, et al. Prospective study of neuropsychological and psychosocial outcome following surgical excision of intracerebral arteriovenous malformations [J]. Journal of Clinical Neuroscience, 2003, 10(1): 42-47.
- [13] STERMAN J D. Learning in and about complex systems [J]. System Dynamics Review, 2010, 10(2/3): 291-330.
- [14] GUAN X J, LIU W K, WANG H L. Study on the ecological compensation standard for river basin based on a coupling model of TPC-WRV[J]. Water Science & Technology Water Supply, 2017, 18(4): 1196-1205.
- [15] MARROQUIN M R S, de O FONTES C H, FREIRE F G M. Sustainable and renewable energy supply chain: a system dynamics overview[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2018, 82: 247-259.
- [16] KIRILYUK A P. Universal science of complexity: consistent understanding of ecological, living and intelligent system dynamics [EB/OL]. (2014-07-06) [2018-10-08]. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0706/0706.3219.pdf>.
- [17] 刘加伶,伍星旭.基于委托代理理论的企业信息共享激励机制[J].重庆理工大学学报(自然科学),2014,28(7):97-101.
LIU J L, WU X X. Incentive mechanism of enterprise information sharing based on principal-agent theory [J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2014, 28(7): 97-101.
- [18] 周李磊,官冬杰,杨华.重庆经济-资源-环境发展的系统动力学分析及不同情景模拟[J].重庆师范大学学报(自然科
学版),2015,32(3):59-67.
ZHOU L L, GUAN D J, YANG H. Systematic dynamic analysis and different scenario simulation of economic, resource-environmental development in chongqing[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2015, 32(3): 59-67.

Analysis of Government Subsidy and Enterprise Ecological Construction under the Background of “Yangtze River Economic Belt”

LIU Jialing¹, SHI Yanjun², CHEN Zhuang¹, ZHU Yanrong², SHI Liangjuan²

(1. College of Computer Science, Chongqing University of Technology;

2. College of Management, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: [Purposes] It studies the behavior evolution process between local government and local enterprises from the perspective of evolutionary game, and explores the cooperative behavior mechanism between government and enterprises in green development.

[Methods] The game model of government enterprise behavior strategy is constructed and the game simulation and analysis of the benefit interaction between government and enterprise are carried out by using system dynamics. [Findings] The initial willingness of the government and the enterprise, the cost of measures taken and the change of the risk coefficient during the cooperation all have a significant influence on the strategic behavior of both sides of the game. Reducing the environmental governance cost of government and enterprise and reducing the change of risk coefficient in cooperation can effectively restrain the behavior fluctuation of both sides and promote the game to reach the ideal state. [Conclusions] The research results provide a reference for the ecological compensation policy of the Yangtze river economic belt.

Keywords: evolutionary game; government enterprises; system dynamics; the Yangtze river economic belt