

张强,冯悦,张晋,等.生态合作中监管机制与地方政府演化博弈分析[J].环境科学与技术,2018,41(8):199-204. Zhang Qiang, Feng Yue, Zhang Jin, et al. Analysis of the regulatory mechanism and the evolution game of local government in ecological cooperation[J]. Environmental Science & Technology, 2018, 41(8): 199-204.

生态合作中监管机制与地方政府演化博弈分析

张强^{1,2}, 冯悦^{2*}, 张晋¹, 魏伟²

(1. 西北师范大学计算机科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:随着生态矛盾不断突出,各地政府将实现生态治理合作共赢作为生态环境治理的目标。如何在治理生态合作的过程中使得参与博弈各方的利益冲突达到合理稳定是决定生态合作能否顺利开展的关键。以往关于生态合作的演化博弈研究更多的侧重于探讨跨区域生态合作中各地方政府间的演化博弈,忽略了国家建立的监管机制在生态合作中的重要作用。该文构建监管机制和地方政府动态演化博弈模型进行相关利益主体的博弈分析,利用模型得到各种策略选择下监管机制和地方政府的期望收益,再通过复制动态方程,计算出各自的演化稳定策略。研究表明:监管机制提供适当的财政补贴对于促进生态合作至关重要;地方政府参与生态合作得到的直接收益是地方政府是否参与生态合作的关键因素;国家应该着力规划合理生态合作机制,使各地方政府参与生态合作的同时获得生态合作产业发展带来的额外效益;通过引进高新技术,对新技术产业加以扶持和政策优惠,降低当地政府创新企业技术的成本,使生态合作可以高效运转,实现可持续发展。

关键字:生态合作; 地方政府; 监管机制; 演化博弈

中图分类号:X322 **文献标志码:**A **doi:**10.19672/j.cnki.1003-6504.2018.08.028 **文章编号:**1003-6504(2018)08-0199-06

Analysis of the Regulatory Mechanism and the Evolution Game of Local Government in Ecological Cooperation

ZHANG Qiang^{1,2}, FENG Yue^{2*}, ZHANG Jin¹, WEI Wei²

(1. College of Computer Science and Technology, North-west Normal University, Lanzhou 730070, China;

2. College of Geography and Environment Science, North-west Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: With the ecological contradiction becoming more and more prominent, local governments will realize ecological win-win cooperation as the goal of ecological environment governance. How to manage the ecosystem cooperation in the process that makes the conflict of interest between the players in the game to be reasonable and stable is the key to the success of ecological cooperation. Previously the evolution game of ecological cooperation has focused more on exploring the evolutionary game between different local governments in cross-regional ecological cooperation, ignoring the important role of the national regulatory mechanism in ecological cooperation. In this paper, we construct the game analysis of the relevant stakeholders in the game model of the regulatory mechanism and local government dynamic evolutionary game, and use the model to obtain the expected revenue of the regulatory mechanism and local government under various strategies, and then through the replication of dynamic equation, the respective evolutionary stability strategy is calculated. Results have shown that regulatory mechanisms provide appropriate financial incentives that are essential to promoting ecological cooperation. The direct benefit of local governments' participation in ecological cooperation is the key factor for local governments to participate in ecological cooperation. The country should focus on the ecological cooperation mechanism, allowing local governments to participate in the ecological cooperation and the additional benefit of the development of the eco-cooperation industry. By introducing high and new technology, giving support and preferential policies to the new technology industry, reducing the cost of local government innovative enterprises' technology, ecological cooperation can be operated efficiently and sustainable development can be realized.

Key words: eco-cooperation; local government; regulatory mechanism; evolutionary game theory

《环境科学与技术》编辑部: (网址)http://fjks.chinajournal.net.cn (电话)027-87643502 (电子信箱)hjkxyjs@vip.126.com

收稿日期:2017-12-27;修回2018-03-28

基金项目:国家自然科学基金项目(71764025);国家自然科学基金资助项目(71263045)

作者简介:张强(1976-),男,副教授,博士,主要从事社会感知计算、资源环境管理研究,(电子信箱)zhangq@nwnu.edu.cn;*通讯作者,(电子信箱)13008716051@163.com。

随着人类命运共同体的提出,使得人们意识到生态环境问题不再只是关乎小区域独立的地方问题,而是关乎全球、全人类可持续发展的重要问题。面对跨区域、多维度的生态问题,相关政府通过各种生态环境方面的合作解决跨区域问题已成为共识,以生态合作作为一个独立主题进行有针对性的研究逐渐兴起^[1-3]。然而,生态合作作为一个系统工程,包括了从生态问题的诊断、生态合作基础目的的确立,到生态合作主体与重点合作领域和方式的确定及监管机制制定等全过程,需要合作各方之间不断博弈而形成。如何在治理生态合作的过程中使得参与博弈各方的利益冲突达到合理稳定是决定生态合作能否顺利开展的关键^[4]。

由于参与生态合作各方的收益不仅受自身策略选择的影响,还与其他参与方的策略选择密切相关,因而普通的投资收益理论在分析生态合作各方利益问题时具有很大的局限性,而博弈论正是弥补这一问题的有效方法^[5]。因此,许多学者利用博弈论对生态合作问题进行了研究。如Zhao等利用静态博弈论分析了河流上下游的生态合作,指出在无政府参与下建立有效的上下游生态合作机制的可能性很低^[6]。朱广芹等分析了生态合作中博弈的长期演化趋势,并提出通过建立区域生态-经济合作作用机制来解决区域生态环境问题的思路^[7]。何伟军等采用了非对称性动态演化博弈模型对博弈过程中的生态合作各方利益冲突进行分析,提出政府干预可以显著改善生态合作的博弈结果^[4]。接玉梅等基于进化博弈视角对水源地与下游生态补偿合作演化进行分析,指出流域上下游地方政府合作的演化方向主要受水源地不保护及下游不补偿受到的惩罚、下游对水源地的补偿额度等8个因素的影响^[8]。

通过对文献的梳理和回顾,可以发现关于生态合作的演化博弈研究更多的侧重于探讨跨区域生态合作中各地方政府间的演化博弈,忽略了国家建立的监管机制在生态合作中的重要作用。然而在现实中,监管机制在对地方政府执行监管责任时会面临包括信息不对称和有限约束能力的问题,地方政府存在不完全或者扭曲执行中央规定的动机,从而使监管机制和地方政府之间存在博弈关系,并且这种演化博弈是一个复杂的过程^[9]。基于此,为了促进生态合作发展,保障生态合作中参与的各地方政府的利益,惩罚不参与生态合作而“搭便车”的地方政府,本文用演化博弈理论的思想和方法,选取国家建立的相应监管机制为另一个博弈主体,将监督机制监督地方政府间的生态合作,并给参与生态合作的地方政府财政补贴,作为参

与生态合作收益的增益系数,分析生态合作主要相关者监管机制与地方政府之间的博弈关系,构建“监管机制-地方政府”非对称性动态博弈模型,探讨生态合作中相关主体的利益稳定点,进一步得出生态合作中的影响因素,以期建立生态合作的均衡机制,促进地方政府积极参与生态合作,为实现生态文明建设及其他国家政策提供理论依据和决策支持。

1 研究假设与模型建立

在区域生态合作中,两级政府的关系表现为动态的重复博弈^[10]。假设监管机制与地方政府2个主体:(1)监管机制对地方政府的环境行为策略选择有2个:需要监管生态合作和不需要监管生态合作;地方政府应对监管机制的监管策略选择有2个:主动参与生态合作和不参与或被动参与生态合作。(2)假设 P_1 和 P_2 是地方政府主动参与生态合作和不参与或被动参与生态合作的直接经济效益, F 为监管机制给予地方政府的财政补助不论地方政府是否参与生态合作, N 为地方政府为参与生态合作创新企业技术等成本,为满足博弈描述的经济含义,要求 $F > N$,即在最初,地方政府主动参与生态合作成本较高,监管机制给予拨款大于地方政府主动参与生态合作的成本。 P 为地方政府主动参与生态合作监管机制获得的长期效益。(3)地方政府获得财政补助条件下,地方政府不参与或被动参与生态合作,监管机制会受到相应的成本等损失为 I 。当地方政府不参加或被动参与生态合作且造成生态问题时,监管机制也会给予地方政府相应处罚 E 。

根据演化博弈中相关主体的假设参数,我们可以做出两者采取不同策略博弈所产生的支付矩阵,如表1。

表1 监管机构与地方政府博弈支付矩阵
Table 1 Payoff matrix of regulatory agencies and local governments model

		地方政府	
		主动参与	不参与或被动参与
监管机制	需要监管	$P-F, P_1+F$	$E-F, P_2+F-E$
	不需要监管	P, P_1-N	$E-I, P_2$

2 博弈双方的演化稳定分析

复制动态是分析有限理性博弈动态策略调整和寻找具有抗微小干扰性演化博弈稳定策略的动态方程,它是演化博弈模型建立的基础。根据复制动态方程,可得 $F(x)=dx/dt=x(U_1-U_2)$ 。这时令 $F(x)=0$,得到均衡点 x^* ,演化稳定策略要求 $F'(x^*) < 0$ 时,则 x^* 是演化稳定策略(ESS)。

2.1 演化博弈的复制动态

现在对生态合作主体之间进行演化博弈分析。假设监管机制履行需要监管的概率为 $x(0 \leq x \leq 1)$,不需要监管的概率为 $1-x$,地方政府服从监管主动参与生态合作的概率为 $y(0 \leq y \leq 1)$,不服从监管不参与或被动参与的概率为 $1-y$ 。

(1) 监管机制需要监管生态合作的期望收益 U_1 为:

$$U_1 = y \cdot (P - F) + (1 - y) \cdot (E - F) \quad (1)$$

监管机制不需要监管生态合作的期望收益 U_2 为:

$$U_2 = y \cdot P + (1 - y) \cdot (E - I) \quad (2)$$

监管机制的平均期望收益 U_x 为:

$$U_x = x \cdot U_1 + (1 - x) \cdot U_2 \quad (3)$$

由式(1)、(2)、(3)可以得到监管机制复制动态方程 $F(x)$:

$$F(x) = x \cdot (U_1 - U_x) = x \cdot (1 - x) \cdot (I - F - yI) \quad (4)$$

(2) 地方政府主动参与生态合作的期望收益 M_1 为:

$$M_1 = x \cdot (P_1 + F) + (1 - x) \cdot (P_1 - N) \quad (5)$$

地方政府不参与或被动参与生态合作的期望收益 M_2 为:

$$M_2 = x \cdot (P_2 + F - E) + (1 - x) \cdot P_2 \quad (6)$$

地方政府的平均期望收益 M_y 为:

$$M_y = y \cdot M_1 + (1 - y) \cdot M_2 \quad (7)$$

由式(5)、(6)、(7)可以得到地方政府的复制动态方程 $F(y)$:

$$F(y) = y \cdot (M_1 - M_y) = y \cdot (1 - y) \cdot (xN + xE + P_1 - N - P_2) \quad (8)$$

为了求出相关主体的进化稳定策略,所以可以联立 $F(x)$ 和 $F(y)$, 令:

$$\begin{cases} F(x) = 0 \\ F(y) = 0 \end{cases} \quad (9)$$

求出该微分方程的结果为:

$$x = 0, x = 1, y^* = (I - F) / I$$

$$y = 0, y = 1, x^* = (N + P_2 - P_1) / (N + E)$$

因此监管机制和地方政府组成的演化博弈均衡点总共有5个: $O(0, 0)$; $A(0, 1)$; $B(1, 0)$; $C(1, 1)$; $D((N + P_2 - P_1) / (N + E), (I - F) / I)$ 。

2.2 演化博弈稳定策略

2.2.1 监管机制的演化稳定分析

复制动态的稳定状态是指采用2种策略的博弈方的比例保持不变的水平,所以令 $F(x) = 0$,可以得到监管机制的全部稳定状态, $x = 0, x = 1, y^* = (I - F) / I$;

(1) 当 $y = y^* = (I - F) / I$ 时, x 取任意值, $F(x) = 0$, 即 x 取任意值都是稳定状态。在这种状态下,当地方政府以 $(I - F) / I$ 的概率水平选择服从监管时,监管机制选择需要监管或是不需要监管并没有什么区别,监管机制的动态演化路径如图1(a)。

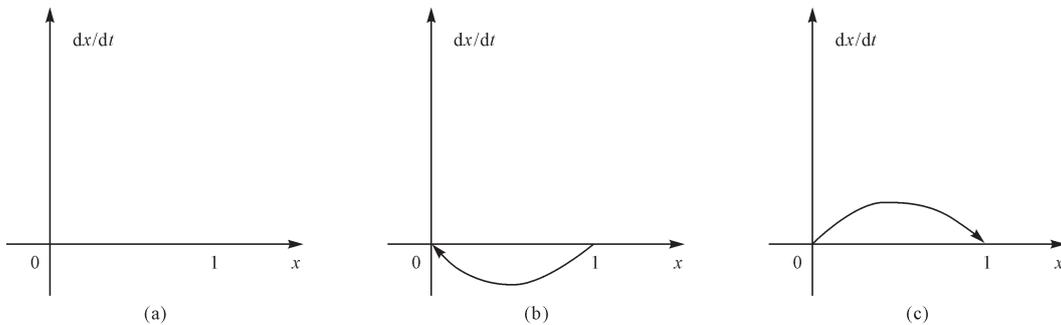


图1 监管机构监管生态合作的复制动态相位图
Fig.1 Replicated dynamic phase diagram for regulatory agencies to supervise the ecological cooperation

(2) 当 $y > y^* = (I - F) / I$ 时, $F'(0) < 0$, $x = 0$ 是演化稳定策略 (ESS)。在这种状态下,当地政府以高于 $(I - F) / I$ 的概率水平选择服从监管时,监管机构逐渐由“不需要监管”向“需要监管”策略转移,监管机制的动态演化路径如图1(b)。

(3) 当 $y < y^* = (I - F) / I$ 时, $F'(1) < 0$, $x = 1$ 是演化稳定策略 (ESS)。在这种情况下,当地政府以低于 $(I - F) / I$ 的概率水平选择服从监管时,监管机制逐渐由“需要监管”向“不需要监管”策略转移,监管机制的动态演化路径如图1(c)。

2.2.2 地方政府的演化稳定分析

令 $F(y) = 0$, 则可以得到地方政府的全部稳定状态 $y = 0, y = 1, x^* = (N + P_2 - P_1) / (N + E)$;

(1) 当 $x = x^* = (N + P_2 - P_1) / (N + E)$ 时, y 取任意值, $F(y) = 0$, 即 y 取任意值都是稳定状态。在这种状态下,当监管机制以 $(N + P_2 - P_1) / (N + E)$ 的概率水平选择监管时,地方政府选择“主动参与”或是“不参与或被动参与”并没有什么区别,地方政府的动态演化路径如图2(a)。

(2) 当 $x > x^* = (N + P_2 - P_1) / (N + E)$ 时, $F'(1) < 0$, $y = 1$ 是演化稳定策略 (ESS)。在这种状态下,当监管机制以高于 $(N + P_2 - P_1) / (N + E)$ 的概率水平选择监管

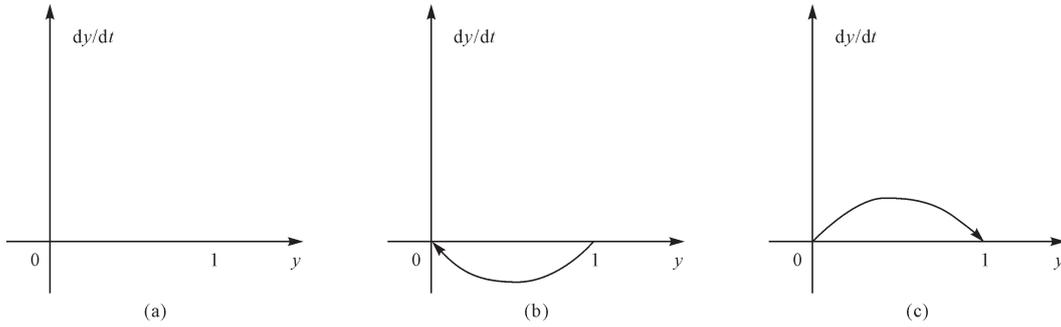


图2 地方政府参与生态合作的复制动态相位图
Fig.2 Replicated dynamic phase diagram for local governments participating in ecological cooperation

时,当地政府逐渐由“不参与或被动参与”向“主动参与”策略转移,地方政府的动态演化路径如图2(b)。

(3)当 $x < x^* = (N + P_2 - P_1) / (N + E)$ 时, $F'(0) < 0, y = 0$ 是演化稳定策略(ESS)。在这种情况下,当地政府以低于 $(N + P_2 - P_1) / (N + E)$ 的概率水平选择监管时,当地政府逐渐由“主动参与”向“不参与或被动参与”策略转移,地方政府的动态演化路径如图2(c)。

3 演化稳定参数讨论

根据Friedman的研究演化稳定策略的判定可以根据均衡点的雅克比(jacobi)矩阵的行列式 $Det(J)$ 及该矩阵的迹 $Tr(J)$ 的符号判断^[11]。若演化博弈的均衡点满足 $Det(J) > 0$ 且 $Tr(J) < 0$ 则该均衡点具有稳定性。

通过jacobi矩阵,计算对应的行列式及其迹的值

分别为:

$$\text{令 } A_1 = xN + xE + P_1 - N - P_2, A_2 = I - F - yI。$$

$$Det(J) = \begin{vmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{vmatrix} = \frac{\partial F(x)}{\partial x} \times \frac{\partial F(y)}{\partial y} -$$

$$\frac{\partial F(x)}{\partial y} \times \frac{\partial F(y)}{\partial x} = (1-2x) \cdot (1-2y) \cdot A_1 \cdot A_2 + x \cdot y \cdot (1-x) \cdot (1-y) \cdot (I \cdot N + I \cdot E) \quad (10)$$

$$Tr(J) = \frac{\partial F(x)}{\partial x} + \frac{\partial F(y)}{\partial y} = (1-2x) \cdot A_2 + (1-2y) \cdot A_1 \quad (11)$$

本文模型中假定所涉及参数均 > 0 ,根据系统演化稳定策略的判定条件,通过地方政府和监管机制组成的演化博弈5个均衡点分析,其结果如表2所示。

表2 演化博弈模型均衡点的 $Det(J)$ 和 $Tr(J)$
Table 2 $Det(J), Tr(J)$ of the evolutionary game model

均衡点	$Det(J)$	$Tr(J)$
$O(0,0)$	$(P_1 - N - P_2)(I - F)$	$I - F + P_1 - N - P_2$
$A(1,0)$	$-(P_1 + E - P_2)(I - F)$	$F - I + E + P_1 - P_2$
$B(1,1)$	$(P_1 + E - P_2)(-F)$	$F + P_2 - P_1 - E$
$C(0,1)$	$(P_1 - N - P_2)F$	$-F - P_1 + N + P_2$
$D(x^*, y^*)$	$\frac{(N + P_2 - P_1)(E - P_2 + P_1)(I - F)F}{I(N + E)}$	0

根据表2推断出的均衡点分析可以看出监管机制与地方政府的博弈与地方政府参与生态合作监管机制获得的长期效益 P 无关,并且所有参数都是 > 0 的,此外还需讨论4种情景,见表3。

情景1:当 $I - F < 0, P_1 - N - P_2 < 0$ 时,系统都只有 $O(0,0)$ 一种演化稳定策略。其相位图为图3(a),其中 $O(0,0)$ 点表示监管机制不需要监管,政府不参与或被动参与生态合作,由图可见情景1中稳定点 $D(x^*, y^*)$ 趋于 $O(0,0)$ 点。这表示在这种情况下,地方政府制主动参与生态合作的生态收益 P_1 ,小于地方政府不参与或被动参与生态合作的收益 P_2 和地方政府主动参与生态合作进行技术创新的成本 N 之和,与此同时,监管机制需要监管生态合作给与的收益大于监管机

制不需要监管生态合作的损失,系统将会走向不用监管及不参与生态合作的趋势。因为地方政府需要发展,会以收益为目的,放弃生态合作带来的长远发展,换取目前的经济效益 P_2 ,对生态合作是很不利的。

情景2:当 $F < 0, P_1 + E - P_2 > 0$ 时,由于所有参数 > 0 ,地方政府参与生态合作时给予地方政府的财政补助 F 为负,与假设不符,因此这种情况不存在。

情景3:当 $F > 0, P_1 - N - P_2 > 0$ 时,系统都只有 $C(0,1)$ 一种演化稳定策略。其相位图为图3(b),其中 $C(0,1)$ 点表示监管机制不需要监管,政府积极参与生态合作,由图可见情景3中稳定点 $D(x^*, y^*)$ 趋于 $C(0,1)$ 点,这表示在这种情况下,监管机制给予地方政府主动参与生态合作的财政支持 F 时,地方政府获得

表3 监管机构-地方政府系统的局部稳定分析结果
Table 3 Regulatory agency-local stability analysis results of local government system

情景	参数	均衡点	Det(J)	Tr(J)	结果
1	$I - F < 0$ $P_1 - N - P_2 < 0$	$O(0,0)$	+	-	稳定(ESS)
		$A(1,0)$	-	+/-	不稳定
		$B(1,1)$	+	+	不稳定
		$C(0,1)$	-	+/-	不稳定
		$D(x^*,y^*)$	-	0	鞍点
2	$F < 0$ $P_1 + E - P_2 > 0$	$O(0,0)$	-	+/-	不稳定
		$A(1,0)$	+	+	不稳定
		$B(1,1)$	+	-	稳定(ESS)
		$C(0,1)$	-	+/-	不稳定
		$D(x^*,y^*)$	+	0	鞍点
3	$F > 0$ $P_1 - N - P_2 > 0$	$O(0,0)$	+	+	不稳定
		$A(1,0)$	-	+/-	不稳定
		$B(1,1)$	-	+/-	不稳定
		$C(0,1)$	+	-	稳定(ESS)
		$D(x^*,y^*)$	+	0	鞍点
4	$I - F > 0$ $P_1 + E - P_2 < 0$	$O(0,0)$	-	+/-	不稳定
		$A(1,0)$	+	-	稳定(ESS)
		$B(1,1)$	-	+/-	不稳定
		$C(0,1)$	+	+/-	不稳定
		$D(x^*,y^*)$	-	0	鞍点

利益 P_1 , 大于地方政府主动参与生态合作的成本 N 与不参与或被动参与生态合作地方政府收益 P_2 之和, 因此双方的策略的选择倾向于不用监管但是主动参与生态合作。

情景4: 当 $I - F > 0, P_1 + E - P_2 < 0$ 时, 系统都只有 $A(1,0)$ 一种演化稳定策略。其相位图为图3(c), 其中

$A(1,0)$ 点表示监管机制监管, 但政府不参与或被动参与生态合作, 由图可见情景4中稳定点 $D(x^*, y^*)$ 趋于 $A(1,0)$ 点, 这表示在这种情况下, 地方政府主动参与生态合作的生态收益 P_1 与不参与或被动参与生态合作时监管机制对地方政府的处罚 E 之和小于地方政府不参与生态合作的收益 P_2 时, 虽然国家监管机制倡

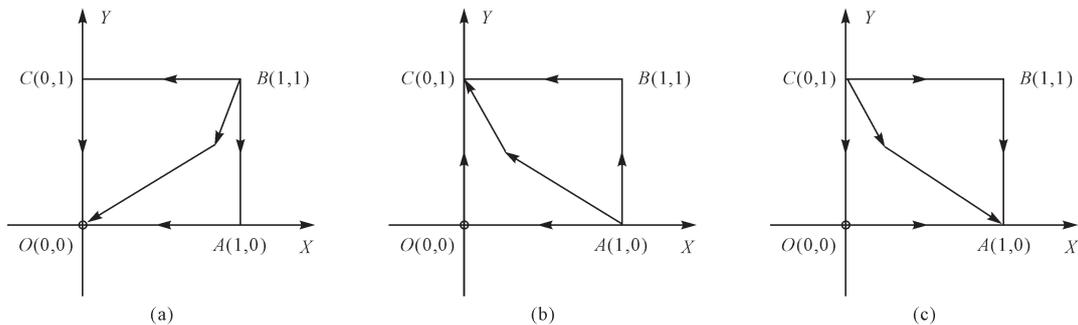


图3 系统复制动态相位图
Fig.3 System replication dynamic phase diagram

导生态合作, 但是地方政府不愿意参加。

4 结论及政策建议

本文以复制动态理论和演化稳定策略为基础, 建立了“监管机制-地方政府”演化博弈分析模型, 假设了在有监管机制的惩罚 E 和财政补贴 F 及生态合作带来收益 P 等参数时对地方政府趋向于主动参与生态合作的概率。根据研究结果得到了以下结论。

(1) 对于地方政府和监管机制博弈来说地方政府选择主动参与生态合作时监管机制从中获得的长期

效益 P 与两者之间的演化稳定无关, 而与监管机制给予的财政补助 F , 地方政府主动参与生态合作的技术成本 N , 监管机制的处罚 E , 地方政府积极参与或不参与生态合作的直接经济效益 P_1, P_2 及监管机制在政府不参与生态合作时的损失 I 密切相关。

(2) 对于目前的监管机制与地方政府在生态合作, 当财政支持 $F < 0$ 时, 系统收敛于点 $B(1,1)$, 即监管机制需要监管, 政府主动参与合作。而相反的是当财政支持 $F > 0$ 时, 系统收敛于点 $C(0,1)$, 即监管机制不用监管, 政府也会自主地选择参与生态合作, 达到

政府部门主动参与的状态。这表明对于促进地方政府和监管机制间合作博弈关系而言,监管机制提供适当的财政补贴对于促进生态合作至关重要。如果补偿过小或没有补偿,则需要监管机制加强对地方政府行为的监管力度,当地方政府对参与生态合作,且造成生态问题时,加大对不参与生态合作政府的处罚力度 E ,促使系统向不用监管,主动参与演化。

(3)对于监管机制而言,当地方政府不参与或被动参与生态合作监管机制蒙受成本损失 $I <$ 给予的财政支持 F 时,系统收敛于 $O(0,0)$,即监管机制不需要监管,但是当地政府不参与或被动参与生态合作,当 $I > F$ 时,系统收敛于 $A(1,0)$ 虽然监管机制进行监管,但当地政府还是不愿意参与生态合作,在这种情况下,当地政府权衡自身利益,为了谋取眼前的利益而不参与或被动参与生态合作,严重影响生态可持续发展,长久下去势必会引发生态问题,使地区发展遭受社会效益和经济效益的双重损失。

(4)地方政府参与生态合作时,因为地方政府领导层存在换届等人为因素,地方政府也希望能尽快获得成效,增大生态合作投入的增益系数。所以,地方政府主动参与生态合作得到的直接收益 P_1 ,可以影响地方政府是否实主动参与生态合作。在理想状态中,监管机制不用监管时,地方政府也能积极投入到生态合作则必须要保证 $P_1 - N - P_2 > 0$,即增加地方政府参与生态合作时的直接收益,减少创新企业技术的成本,这样才可以使系统朝着不用监管、主动参与的方向发展。

总之,国家应该着力规划合理生态合作机制,在保障财政支持的前提下,使各地方政府主动参与生态合作的同时,更多地获得生态合作产业发展带来的额外效益,引进高新技术,对新技术产业加以扶持和政策优惠,降低当地政府创新企业技术的成本,使生态合作可以高效运转,实现可持续发展。

[参考文献]

- [1] 张永勋,闵庆文,白艳莹,等.生态合作的概念、内涵和合作机制框架构建[J].自然资源学报,2015,30(7):1067-1077.
Zhang Yongxun, Min Qingwen, Bai Yanying, et al. The concept of ecological cooperation, connotation and framework of cooperation mechanism[J]. Journal of Natural Resource, 2015,30(7):1067-1077.
- [2] 张予,刘某承,白艳莹,等.京津冀生态合作的现状、问题与机制建设[J].资源科学,2015,37(8):1529-1535.
Zhang Yu, Liu Moucheng, Bai Yanying, et al. Current situation, problems and mechanism construction of ecological cooperation in Beijing, Tianjin and Hebei[J]. Resource Science, 2015,37(8):1529-1535.
- [3] 陈莉莉.论长三角海域生态合作治理:缘起及策略[J].生态经济,2011(4):168-171.
Chen Lili. Discussion on ecological cooperation governance in the Yangtze River Delta: origin and strategy[J]. Ecological Economy, 2011(4):168-171.
- [4] 何伟军,蔡艳伟,袁亮.跨区域生态合作利益冲突的动态演化博弈分析[J].环境科学与技术,2015,38(4):193-199.
He Weijun, Cai Yanwei, Yuan Liang. Dynamic evolutionary game analysis of transregional ecological cooperation conflicts of interest[J]. Environmental Science & Technology, 2015,38(4):193-199.
- [5] 高文军,郭根龙,石晓帅.基于演化博弈的流域生态补偿与监管决策研究[J].环境科学与技术,2015,38(1):183-187.
Gao Wenjun, Guo Genlong, Shi Xiaoshuai. Study on ecological compensation and supervision decision of river basin based on evolutionary game[J]. Environmental Science & Technology, 2015,38(1):183-187.
- [6] Zhao Xiaohong, Cao Junxin. A study on feasibility of upstream and downstream ecological cooperation: an example of game among upstream and downstream villages[J]. Trans Tech, 2012, 3589-3593.
- [7] 朱广芹,佟光霁.区域生态合作的演化博弈分析[J].科技进步与对策,2011(5):29-34.
Zhu Guangqin, Tong Guangji. Evolution game analysis of regional ecological cooperation[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011(5):29-34.
- [8] 接玉梅,葛颜祥,徐光丽.基于进化博弈视角的水源地与下游生态补偿合作演化分析[J].运筹与管理,2012,21(3):137-143.
Jie Yumei, Ge Yanxiang, Xu Guangli. Evolutionary analysis of cooperation between water source and downstream ecological compensation based on evolutionary game theory[J]. Operations Research and Management Science, 2012,21(3):137-143.
- [9] 姜珂,游达明.基于央地分权视角的环境规制策略演化博弈分析[J].中国人口·资源与环境,2016,26(9):139-147.
Jiang Ke, You Daming. The analysis of the evolution game of environmental regulation strategy based on the perspective of central decentralization[J]. China Population, Resource and Environment, 2016,26(9):139-147.
- [10] 潘峰,西宝,王琳.地方政府环境规制策略的演化博弈分析[J].中国人口·资源与环境,2014,24(6):97-101.
Pan Feng, Xi Bao, Wang Lin. The evolution game analysis of local government environmental regulation strategy[J]. China Population, Resource and Environment, 2014,24(6):97-101.
- [11] Friedman D. Evolutionary games in economics[J]. Econometrica, 1991,59(3):637-666.