

# 三方演化博弈下旅游社区型国家湿地公园生态保护 补偿机制研究

——以龙脊梯田国家湿地公园为例

李 一, 郑文俊\*

(桂林理工大学 旅游与风景园林学院, 广西 桂林 541006)

**摘要:**国家湿地公园生态保护补偿过程中生态保护和受益者良性互动能够增强全社会参与生态保护的积极性,因此深入分析相关利益主体的诉求和效益分配十分重要。以旅游社区型国家湿地公园龙脊梯田为研究对象,引进生态-经济效益分配系数,利用演化博弈理论建立数学模型分析湿地公园内政府、企业和农民三方主体策略的演化趋势,再使用系统动力学(SD)模型进一步模拟仿真和深入分析,结果表明:1)政府、企业和农民实施策略概率的初始值不会影响策略的最终演进,但会影响演进过程的利益主体意愿程度变化。2)企业和农民的策略在一定条件下可以独立地影响政府的策略演进,且企业实施支持策略概率越高,政府实施参与策略也越高。3)农民响应政策付出的成本对企业的影响程度较大。4)企业给农民的补贴力度和各主体合作概率之间的关系是非线性的,并不是越大(小)就越好。5)农民的生态-经济效益分配系数为0.42,比企业略低。据此,完善了国家湿地公园生态保护补偿机制,从激励、约束、合作等方面提出了实现湿地公园生态可持续和区域高质量发展的政策建议。

**关键词:**国家湿地公园;生态保护机制;演化博弈;系统动力学;龙脊梯田

**中图分类号:**F323.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-7192(2023)05-0057-13

## 一、引言

生态环境是关系党的使命宗旨的重大政治问题,也是关系民生的重大社会问题。明确生态系统中各利益主体关系、探索生态保护补偿机制是落实生态保护权责、调动各方参与生态保护积极性、推进生态文明建设的重要手段。2021年9月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》指出“要完善湿地生态保护补偿机制,强化激励、硬化约束,清晰界定各方权利义务”,这反映出管理国家湿地公园过程中各方利益主体共建补偿机制的重要意义和紧迫性。随着工业化和城镇化的发展,国家湿地公园中土地丢荒、撂荒、破坏等现象愈发严重,区域内劳动力不断流失,湿地中蕴含的自然资源、农业生产技术和传

统社区文化都急需系统性保护<sup>[1]</sup>。尤其对于旅游社区参与型的国家湿地公园,在湿地公园建设治理和社区治理过程中极易出现利益分配不均、监管责任不明等问题。因此探索国家湿地公园的监管、补偿机制,厘清区域内各方利益主体的责任和义务,对推进生态文明建设、社区经济发展和传统文化保护具有重要的指导作用。

自20世纪50年代,国外发达国家开始进行湿地恢复、重建以及管理等方面的研究,而到本世纪初才提出湿地公园概念并兴建实施。我国对湿地开发与管理的研究与国外几乎同步,主要集中于湿地公园的规划与开发<sup>[4-6]</sup>、利用与管理<sup>[7-9]</sup>、湿地社区参与<sup>[10-12]</sup>等方面研究,而国内外湿地公园发展常与生态旅游<sup>[13-15]</sup>、教育科研<sup>[16]</sup>、园林景观<sup>[17-18]</sup>、社

收稿日期:2022-02-28

作者简介:李 一(1996-),男,桂林理工大学旅游与风景园林学院硕士研究生,研究方向为风景资源保护;郑文俊(1979-),男,桂林理工大学旅游与风景园林学院教授,博士生导师,研究方向为风景园林历史与理论。Email:149480860@qq.com

※通讯作者:郑文俊

区发展<sup>[19]</sup>等领域结合。在对湿地公园进行管理过程中,学者们都意识到生态补偿长效机制的重要性和紧迫性<sup>[20-22]</sup>。20世纪70年代末,生态保护补偿的探索性时间政策在美国实施,80年代末颁布了首条针对湿地保护的 No-Net-Loss 政策,生态保护补偿的研究逐渐蔓延。生态保护补偿是在综合考虑生态保护成本、发展机会成本和生态服务价值的基础上,以保护生态环境、促进人与自然和谐发展为目的,采取财政转移支付或者市场交易等方式,对生态保护者给予合理补偿,调节生态保护利益相关者之间利益关系<sup>[23]</sup>。早期研究主要基于服务与价值实现理论、交易费用理论、利益相关者理论、公平理论等进行生态保护补偿的理论探索<sup>[24-27]</sup>,而该领域的实证研究起步相对较晚,主要集中在主体参与意愿、保护补偿机制建立<sup>[3,28-29]</sup>等方面。但是对于湿地公园生态保护补偿的研究,多集中在路径探讨、政策解读等方面,对监管过程中社区相关利益者的量化分析和利益分配机制的分析较为匮乏。因此,本文采用演化博弈理论和系统动力学理论以解决旅游社区型国家湿地公园补偿机制实施过程中存在的利益优化和分配问题,在深入剖析了各利益主体行为的基础上构建演化博弈数字模型,通过模型找到并分析主体的利益均衡点和策略,在此基础上运用系统动力学模型构建旅游社区型国家湿地公园生态补偿系统动力学(system dynamics,简称SD)模型,对不同参数设置下的系统进行模拟仿真和结果分析,并确定了企业和农民的生态-经济收益分配系数,通过引导利益主体的策略选择和构建分配机制来实现“政农商”在生态保护补偿过程中的可持续互动。

## 二. 研究设计理论机制与研究方法

### 1. 研究区域及问题提出

我国的人工湿地主要包括城市湿地和水稻田湿地,而中国的水稻田国家湿地公园大多都因丰富、独特的自然和文化资源形成旅游景区<sup>[30]</sup>。例如广西龙胜龙脊梯田国家湿地公园与龙脊梯田风景名胜区内有80%的资源是重合的,湿地公园将核心景观区囊括在一起。本研究选择广西龙胜龙脊梯田

国家湿地公园作为案例地(图1),其位于龙胜各族自治县东南部,规划总面积2 986.17公顷,其中有湿地面积941.77公顷,湿地率为31.54%。湿地公园已建立起以“森林-梯田+村寨-河流-库塘”复合生态系统保护为核心,并立足于“天梯揽胜、中华龙魂”的湿地特色,龙脊梯田湿地逐渐建成了融湿地保护、生态修复、科学研究、科研监测、休闲观光为一体的湿地公园。而在湿地公园内部,一共包含平安村、小寨村、大寨村等片区,共2 000余户,其中瑶族占98%,主要靠种植农田与发展旅游业为主。村寨利用传统方式耕种的梯田资源,以“企业+梯田+农户”的模式参与旅游开发,公司负责景区内基础设施建设、景区管理、游客销售;农户以自家承包梯田入股的形式,负责用传统的方式维护和耕种梯田,保持梯田的原始风貌,从而获得梯田维护费、种田补贴、金坑索道分红、房屋出租收入、合作经营民宿5项旅游分红;而当地政府设置广西龙胜龙脊梯田国家湿地公园风景名胜管理处以负责湿地保护、管理、检测及基础设施建设等。龙脊梯田国家湿地公园主体之间利益关系复杂,探索社区共管共建新模式以强化湿地资源管护十分迫切。

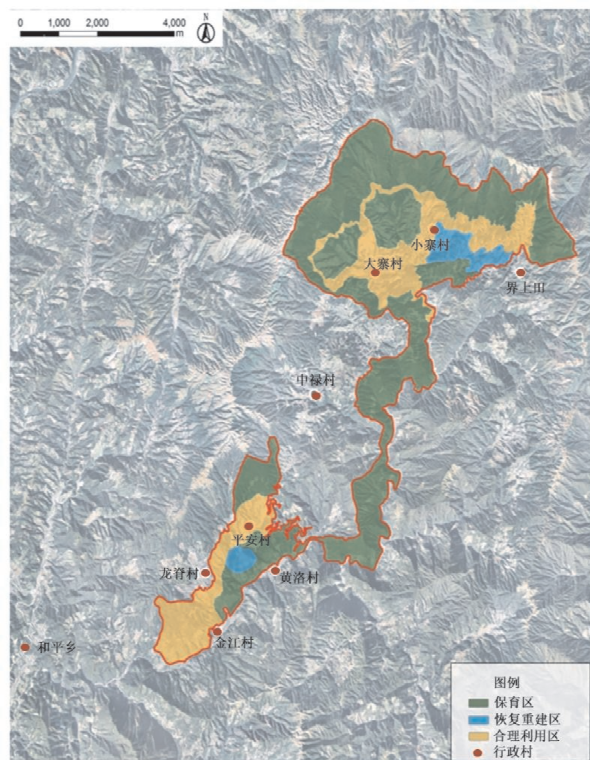


图1 龙脊梯田国家湿地公园范围

但是龙脊梯田作为一个旅游社区参与型湿地公园,若要实施监管-补偿策略,急需平衡主体间利益复杂而紧张的关系。农民扮演着耕种者和经营者两种角色,既希望在保护湿地公园的过程中能和企业共享经济效益,又因耕种维护梯田的成本过高而希望得到更多的补偿;企业作为营利性组织,虽然能得到监管-补偿策略带来的可持续性效益和外界声誉,但是在其过程中需要给予农民补贴、付出保护性成本,因此策略的实施也面临挑战;政府管理部门是其中的中枢力量,政府对旅游产业的投资支持是外部资本与其他利益相关者之间通过相互博弈实现自我利益最大化的过程,政府对旅游景区企业和社区的管理、监督是利益主体间博弈的激励制约因素,政府的纵向转移性补偿是湿地公园发展的重要外部动力。但是在实地调研过程中,发现政府的监督、管理、制约、帮扶等能力还有待提高,湿地公园的补偿、监管机制和效益分类机制不够完善。因此本文根据上述关于龙脊梯田国家湿地公园的调研现状,整理相关文献资料,引进效益分配系数,构建了政府-农民-企业的三方演化博弈模型,探索三方主体选择监管-补偿策略行为过程中的利益均衡条件,并观察系统动力学模型中各条件下利益主体的策略趋近行为,以期为国家湿地公园监管-补偿机制的完善提供指导方向。

## 2. 研究方法

采用演化博弈模型对政府、企业和农民三方主体的参与策略进行了分析,并使用演化博弈理论建立数学模型,分析各利益主体在不同策略下的演化趋势,演化博弈模型突破了传统博弈模型的完全理性局限,同时吸收了生物进化发展思想,能够更好地刻画经济管理领域相关问题的动态变化过程。其次,利用动力学理论对利益主体不同状况开展模拟仿真,系统动力学起初的运用领域为生物领域,研究发现在进化种群博弈中,个体通过观察并与他人进行比较来不断模仿并向其他人学习,进而调整其策略选择,这就是群体中的反馈行为,因此系统动力学理论可用来研究平衡解的稳定性,同时也验证博弈结果的有效性和科学性。

## 三、演化博弈模型建立与分析

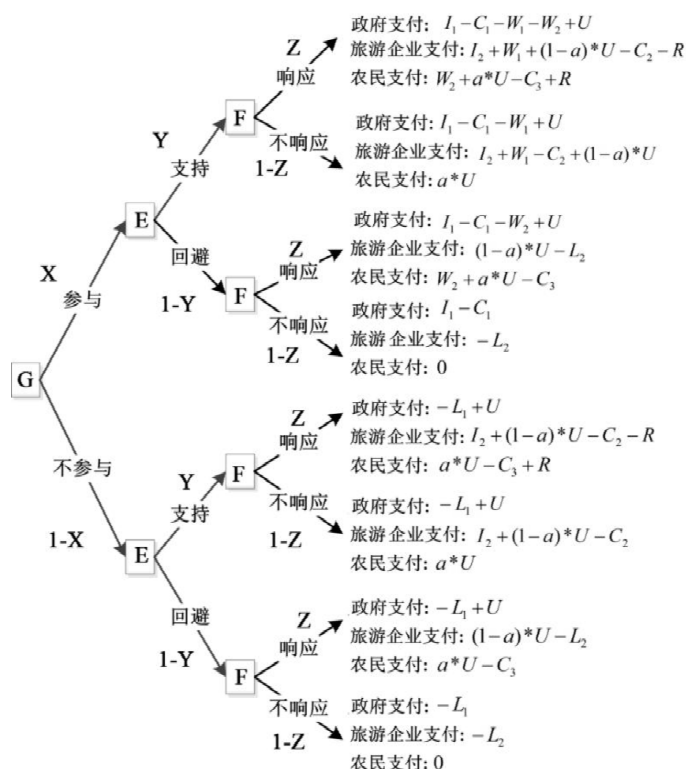
### 1. 模型假设

本模型涉及三方利益主体,分别为政府(government)、企业(enterprise)和农民(farmer),考察在旅游社区型国家湿地公园中各主体对于生态保护补偿策略的路径选择和互动演化。为了简化模型便于计算,并结合桂林梯田国家湿地公园发展现状,做出如下假设:(1)政府、企业和农民三方博弈主体具有有限理性且信息是不完全的,但是在学习过程中不断演化成长,最后达到稳定优化的状态。(2)企业由于经营动力不足、生态修复能力不够等原因无法自发进行生态保护补偿措施,农民由于组织能力欠缺、资金不足等原因也无法采取系统性生态补偿行为。而政府权责划分明确,拥有一定的决策权和管理权,但也需要在资金充足的基础上组织相关利益主体保护湿地公园生态环境。当政府选择参与监管时,他可能会付出一定的成本,根据调研结果本文将其分为监管成本  $C_1$  和补贴成本  $W_1$ 、 $W_2$ ,但同时也会得到上级政府的纵向转移性支付补贴,并且当政府的执行力和生态保护效果达到一定程度时,其社会的影响力  $I_1$  也会相应提高。这时若企业在政府的号召下积极支持,那么企业可能会付出一定的成本  $C_2$ ,如修复成本、保护成本等,并给予农民一定的补贴  $R$ ,但同时也会得到社会荣誉  $I_2$ ,若这时企业不支持政府的政策,那么他们会得到社会负面影响  $I_2$ 。同样,农民若积极参与政府政策,虽然会有一些额外的成本  $C_3$ ,但是会得到政府和企业的补贴即  $W_2$  和  $R$ 。若地方政府不参与保护和监管,他将受到外界的负面损失即  $L_1$ ,企业和农民也同样享受不到政策福利和生态保护带来的生态-经济发展效益。企业和农民收获到的生态-经济效益  $U$  主要由两部分组成,假设农民收获到的效益系数为  $a$ ,那么企业收获到的效益系数为  $1-a$ ,政府在其中扮演着调节和监督的角色。具体见表1,其利益决策树如图2所示。

根据利益主体分析,设置模型参数假设见表1。

表1 演化博弈模型参数设置

内容	参数
政府参与保护补偿措施时付出的成本,如管理成本、人力成本等	$C_1$
政府参与保护补偿措施时给予企业支持策略的投资、补贴等	$W_1$
政府参与保护补偿措施时给予农民相应策略的补贴	$W_2$
政府参与保护补偿措施时得到的上级财政支持、社会影响力等利益	$I_1$
政府不参与保护补偿措施时受到外界的负面影响或惩罚损失	$L_1$
农民响应保护补偿措施时额外付出的成本,如修复工人成本	$C_3$
企业支持保护补偿措施时除了支付劳动报酬外额外付出的成本	$C_2$
企业支持保护补偿措施时收获到的社会或农民给予的荣誉	$I_2$
企业不支持保护补偿措施时造成的社会、经济等负面影响	$L_2$
企业支持保护补偿措施时给农民的资金或补贴	$R$
农民与企业共收获到的生态-经济效益	$U$
农民收获到的生态-经济效益系数	$a$
企业收获到的生态-经济效益系数	$1-a$



注:决策树是一个决策支持工具,它使用决策及其可能结果的树状图形或模型,包括决策节点、方案分支、机会事件结果(状态节点)和收益(效用)。

图2 利益相关者的收益

## 2. 模型框架

根据复制因子分析方法,设  $X$  为政府积极参与保护补偿措施的概率,  $(1-X)$  表示采用不积极参与策略的概率。同样,企业采取积极支持保护补偿策略的概率为  $Y$ , 采取消极回避策略的概率为  $(1-Y)$ 。此外,  $Z$  和  $(1-Z)$  分别代表农民响应保护补偿策略和不响应的概率。根据图2中的收益,地方政府的预期收入和平均收入可以用以下公式表示

$$F\Pi_X = Y[Z(I_1 - C_1 - W_1 - W_2 + U) + (1-Z)(I_1 - C_1 - W_1 + U)] + (1-Y)[Z(I_1 - C_1 -$$

$$W_2 + U) + (1-Z)(I_1 - C_1)] \quad (1)$$

$$F\Pi_{1-X} = Y[Z(-L_1 + U) + (1-Z)(-L_1 + U)] + (1-Y)[Z(-L_1 + U) + (1-Z)(-L_1)] \quad (2)$$

$$F\Pi_{1-X}^{\bar{X}} = XE\Pi_X + (1-X)E\Pi_{1-X} \quad (3)$$

从式(1) - 式(3),可以得到政府决策的复制者动态方程。如下所示

$$F(X) = \frac{dx}{dt} = X(E\Pi_X - E\Pi_{1-X}^{\bar{X}}) = X(1-X)(-YW_1 - ZW_2 + I_1 - C_1 + L_1) \quad (4)$$

式中:  $F(X)$  表示政府选择参与策略的变化率。当



$F(X) < 0$  时,表示政府选择参与策略的概率  $X$  演化为 0,而  $F(X) > 0$  时,表示  $X$  随时间演化为 1。研究也发现,策略变化率不仅与采取参与策略的概率有关,而且与采取参与策略的预期收益与平均预期收益的差距相关。

与政府复制者动态方程的建模过程同理,可以得到企业的预期收益和平均收益以及它们的复制者动态方程

$$F\Pi_Y = X[Z(I_2 + W_1 + (1-a) \times U - C_2 - R) + (1-Z)(I_2 + W_1 - C_2 + (1-a) \times U)] + (1-X) * [Z(I_2 + (1-a) \times U - C_2 - R) + (1-Z)(I_2 + (1-a) \times U - C_2)] \quad (5)$$

$$E\Pi_{1-Y} = X[Z((1-a) \times U - L_2) + (1-Z)(-L_2)] + (1-X)[Z((1-a) \times U - L_2) + (1-Z)(-L_2)] \quad (6)$$

$$E\Pi_{1-Y}^{-Y} = YE\Pi_Y + (1-Y)E\Pi_{1-Y} \quad (7)$$

$$F(Y) = \frac{dy}{dt} = Y(E\Pi_Y - E\Pi_{1-Y}^{-Y}) = Y(1-Y)[Z(-R) + XW_1 + (1-Z)(1-a) \times U + I_2 - C_2 + L_2] \quad (8)$$

同理,农民的预期收入、平均收入和复制者动态方程如下

$$E\Pi_Z = X[Y(W_2 + a \times U - C_3 + R) + (1-Y)(W_2 + a \times U - C_3)] + (1-X)[Y(a \times U - C_3 + R) + (1-Y)(a \times U - C_3)] \quad (9)$$

$$E\Pi_{1-Z} = X[Y(a \times U) + (1-Y)(0)] + (1-X)[Y(a \times U) + (1-Y)(0)] \quad (10)$$

$$E\Pi_{1-Z}^{-Z} = ZE\Pi_Z + (1-Z)E\Pi_{1-Z} \quad (11)$$

$$F(Z) = \frac{dz}{dt} = Z(E\Pi_Z - E\Pi_{1-Z}^{-Z}) = Z(1-Z)[XW_2 + Y(R - a \times U) + a \times U - C_3] \quad (12)$$

通过观察式(4)、式(8)和式(12)利益相关者,可以得到下面的观察结果。

政府、企业和农民三个利益主体的决策是相互影响的;企业和农民的生态-经济效益不能对政府决策产生直接的显著影响;企业对农民的补贴行为只互相产生利益影响,却不能直接影响政府的决策。以上观察显示了利益相关者之间的战略互动,并指出参与者没有必要考虑所有因素,因为其中一些因素,如实施监管-补偿策略的生态-经济效益

从长期角度来看对农民和企业的动态系统稳定性有着显著影响,但不能影响政府决策。在现实中,政府确实作为“无形的手”参与资源优化配置的过程,若要实现生态保护补偿更需要农民的主人翁意识和市场的主导作用。

### 3. 模型分析

本节的主要任务是探讨利益相关者的战略和动态系统的 ESS 的长期稳定状态,故运用动态差分法对各利益相关者的战略稳定性进行分析。

#### (1) 政府战略稳定性分析

由式(4)可以看出,政府的决策受到企业和农民策略的影响。为了便于分析,我们用  $Y' = \frac{I_1 - C_1 + L_1 - ZW_2}{W_1}$ ,  $Z' = \frac{I_1 - C_1 + L_1 - YW_1}{W_2}$ , 表示  $F(X) = 0$  的根,观察可知除了  $X = 0$  和  $X = 1$  外,很容易发现  $Y'$  和  $Z'$  具有对称性,所以以  $Y'$  为例来分析地方政府的战略稳定性。当  $Y = Y'$  时,很明显  $F(X) = 0$  对于任何  $X$  都是正确的,这意味着政府的任何参与策略在这个时候都是稳定的策略,最初选择的策略不会随着时间的推移而改变。当  $Y \neq Y'$  时,在  $X_1 = 0$  和  $X_2 = 1$  处,我们可以得到  $F(X) = 0$  的两个可能的演化稳定点。通过取  $F(X)$  对  $X$  的一阶导数,得到如下方程

$$F'(X) = (1-2X)(-YW_1 - ZW_2 + I_1 - C_1 + L_1) \quad (13)$$

结合上述,可得命题 1

①当  $I_1 - C_1 + L_1 < 0$ , 则  $F'(X)|_{X=0} < 0$ , 对于任何  $Y$  和  $Z$ ,  $X = 0$  都是 ESS。

②当  $I_1 - C_1 + L_1 - YW_1 < 0$ , 对于任何  $Z$ ,  $X = 0$  是 ESS; 当  $I_1 - C_1 + L_1 - ZW_2 < 0$ , 对于任何  $Y$ ,  $X = 0$  是 ESS。

③当  $I_1 - C_1 + L_1 > YW_1 + ZW_2$ , 则  $F'(X)|_{X=1} < 0$ , 对于任何  $Z$ ,  $X = 1$  是 ESS。

④当  $C_1 - I_1 + ZW_2 < I_1 < C_1 - L_1 + YW_1$  时有两种情况:若  $Y < \min(1, Y')$ , 则  $F'(X)|_{X=1} < 0$ , 此时  $X = 1$  是 ESS; 若  $\max(0, Y') < Y < 1$ , 则  $F'(X)|_{X=0} < 0$ , 此时  $X = 0$  是 ESS。

如①所示,当政府无法得到足够政策支持,如无法得到中央政府对地方政府提供足够高的财政支持时,那么无论企业和农民行为在何种情况下,政府的策略都会逐渐演化为不参与策略,如图 3

(a)。②表明企业和农民的策略可以在一定条件下独立地影响政府的战略稳定状态,而这种条件成立的前提和政府不同利益主体提供的补贴息息相关,如图3(b)所示。而③则提供了另一种可能,即当政府获得足够多的额外支持远大于其提供给政府企业和农民补贴时,政府总是愿意采取参与策略的,如图3(c)所示。④则考虑了当II作为中介时,企业和农民的决策将共同影响政府战略的稳定性。具体而言,企业采用积极策略的概率越高,政府实施参与策略的动机就越高。

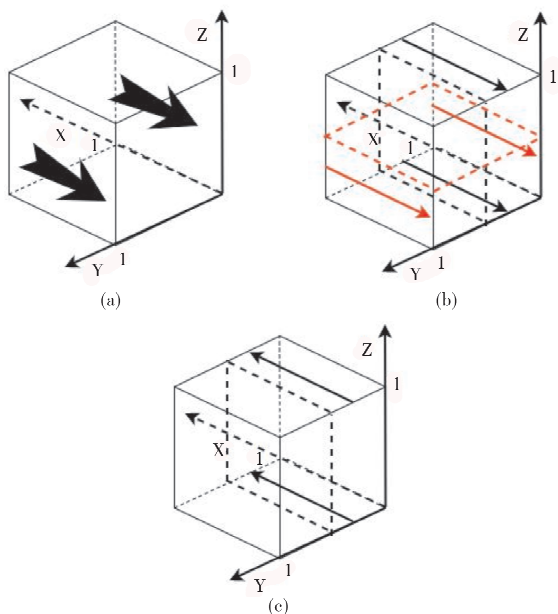


图3 政府战略阶段

(2)企业战略稳定性分析。根据式(8)可知,政府和农民的策略共同影响着企业的策略。为了便于分析,设

$$Z' = \frac{C_2 - L_2 - XW_1 - (1-a) \times U - I_2}{-R(1-a) \times U}, X' =$$

$\frac{2R - (1-Z)(1-a) \times U - I_2 + C_2 - L_2}{-R(1-a) \times U}, Y=0$  和  $Y=1$  处除外这两个值都是  $F(Y)=0$  的根,如果  $X=X'$  或  $Z=Z'$ ,则  $F(Y)=0$  适用于任何  $Y$ ,这意味着任何企业的支持策略都是稳定的策略。如果  $X \neq X'$  和  $Z \neq Z'$ ,从  $F(Y)$  的一阶导数出发,可以得到下面的方程

$$F'(Y) = (1-2Y)[Z(-R) + XW_1 + (1-Z)(1-a) \times U + I_2 - C_2 + L_2] \quad (14)$$

结合上述,可得命题2

①当  $X-R>0$  且  $I_2 - C_2 + L_2 > 0$  时,  $F'(Y)|_{Y=1}$

$< 0$ ,对于任何  $X$  和  $Z, Y=1$  都是 ESS。

②当  $I_2 - C_2 + L_2 < 0$ ,若  $Z(-R) + (1-Z)(1-a) \times U + XW_1 > I_2 - C_2 + L_2$ ,对于任何  $X, Y=1$  是 ESS。

③当  $Z(-R) + I_2 - C_2 + L_2 < 0$  或  $XW_1 + I_2 - C_2 + L_2 < 0$  时有两种情况:若  $X < \min(1, X')$  或  $Z < \min(1, Z')$ ,则  $F'(X)|_{Y=0} < 0$ ,此时  $Y=0$  是 ESS;若  $\max(0, X') < X < 1$  或  $\max(0, Z') < Z < 1$ ,则  $F'(Y)|_{Y=1} < 0$ ,此时  $Y=1$  是 ESS。

①表明只要企业得到的补贴大于其付出的补贴且其实施成本小于收益时,企业就会自发地采用积极支持策略。由此可知政府可以通过提高企业的品牌利益、收益渠道等方式刺激企业采取积极支持的策略,而不仅仅是通过财务转移支付给以补贴,如图4(a)。②指出当企业的收益适度时,政府的策略可以在其采取积极参与策略概率足够高的情况下独立地鼓励企业支持监管-补偿策略,如图4(b)所示。从③可得出结论,当品牌收益相对较低时,企业的决策会受到地方政府和游客策略的影响。只有在政府采取参与策略的概率和农民采取相应策略的概率都足够高的情况下,企业才会选择支持策略,如图4(c)和图4(d)所示。

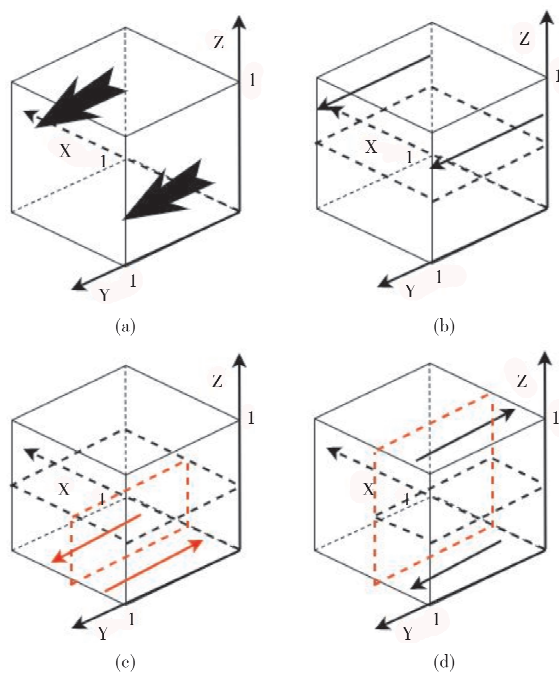


图4 企业战略阶段

(3)农民战略稳定性分析。由式(12)可知,农民的决策和政府及企业的决策有关,设  $X' = \frac{C_3 - (a \times U) - Y(R - a \times U)}{W_2}$ ,  $Y' = \frac{C_3 - (a \times U) - XW_2}{R - a \times U}$ ,

在  $Z=0$  和  $Z=1$  处这两个值都是  $F(Z)=0$  的根。如果  $X=X'$  或  $Y=Y'$ , 则  $F(Z)=0$  适用于任何  $Z$ , 这意味着任何农民的响应策略都是稳定的战略。如果  $X \neq X'$  和  $Y \neq Y'$ , 从  $F(Z)$  的一阶导数出发, 可以得到下面的方程

$$F(Z) = (1-2Z)[XW_2 + Y(R-a \times U) + a \times U - C_3] \quad (15)$$

结合上述, 可得命题 3

①当  $C_3 < a \times U < R$  时,  $F'(z)|_{Z=1} < 0$ , 此时对于任意  $X, Y, Z=1$  都是 ESS。

②当  $R - a \times U > 0$  时有两种情况: 若  $Y < \min(1, Y')$ , 则  $F'(Z)|_{Z=0} < 0$ , 此时  $Z=0$  是 ESS; 若  $\max(0, Y') < Y < 1$ , 则  $F'(Z)|_{Z=1} < 0$ , 此时  $Z=1$  是 ESS。

从①可看出, 只要当农民收益在补贴和成本之间时, 无论政府和企业采取什么措施农民都会采取积极响应的行动, 如图 5(a) 所示。而  $R$  和企业的收益密不可分, 政府应大力扶持作为中介主体的企业, 做到“以政带企, 以企带农, 农商共赢”。②证实了当农民采取响应措施的偏好更高时, 企业的支持战略是鼓励农民积极响应的关键因素, 如图 5(b) 所示。具体来说, 如果企业对湿地公园保护补偿策略越支持, 农民就更有可能响应其政策。

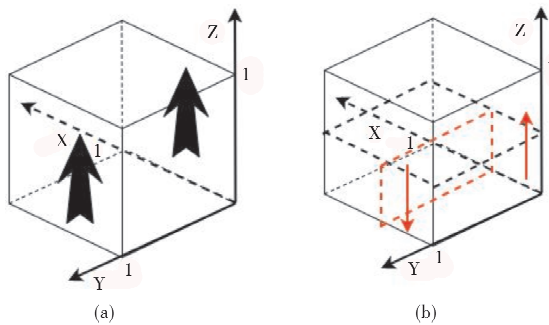


图 5 农民战略阶段

(4) 利益相关者之间的 ESS 分析。政府、企业和农民的复制者动态方程可以形成一个动态系统, 再根据式(4)、式(8)和式(12)可得到演化稳定策略。在以上 3 个动态复制方程中令  $X=0$ , 从个体策略分析可得 8 个纯策略纳什均衡点分别为  $A(0,0,0)$ 、 $B(0,0,1)$ 、 $C(0,1,0)$ 、 $D(0,1,1)$ 、 $E(1,0,0)$ 、 $F(1,0,1)$ 、 $G(1,1,0)$ 、 $H(1,1,1)$ 。其均衡点表现为当主体实施某一策略时, 在无突变体的情况下该主体会依然稳定在该策略选择上。其围成的区域  $\Omega = \{(X, Y, Z) | 0 < X < 1; 0 < Y < 1; 0 < Z < 1\}$  成为了生态保护补偿政策下主体演化博弈值域的边界。此外, 演化博弈在区域  $\Omega$  内还存在一个满足式(16)的

混合策略纳什均衡解  $E = (X_0, Y_0, Z_0)$ ,  $E$  点意味着系统处于稳定状态, 即参与主体的策略改变概率不会随时间而变化。

$$\begin{cases} W(Y, Z) = 0 \\ G(X, Z) = 0 \\ H(X, Y) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

该动力系统的雅可比矩阵如下所示, 根据 Lyapunov 的直接方法, 在三阶雅可比矩阵中, 如果矩阵特征值都为负, 则动力系统的临界点是稳定的, 因此 ESS 是稳定的。如果矩阵特征值部分为正, 则动力系统的临界点是鞍点。如果矩阵特征值都为正, 则动力系统的临界点是不稳定的。

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial X} & \frac{\partial F(X)}{\partial Y} & \frac{\partial F(X)}{\partial Z} \\ \frac{\partial F(Y)}{\partial X} & \frac{\partial F(Y)}{\partial Y} & \frac{\partial F(Y)}{\partial Z} \\ \frac{\partial F(Z)}{\partial X} & \frac{\partial F(Z)}{\partial Y} & \frac{\partial F(Z)}{\partial Z} \end{bmatrix} \quad (17)$$

注:

$$\frac{\partial F(X)}{\partial X} = (1-2X)(-YW_1 - ZW_2 + I_1 - C_1 + L_1)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial Y} = X(1-X)(-W_1 - ZW_2)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial Z} = X(1-X)(-YW_1 - W_2)$$

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial X} = Y(1-Y)W_1$$

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial Y} = (1-2Y)[Z(-R) + XW_1 + (1-Z)$$

$$(1-a) \times U + I_2 - C_2 + L_2]$$

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial Z} = Y(1-Y)[-R - (1-a) \times U]$$

$$\frac{\partial F(Z)}{\partial X} = Z(1-Z)[W_2 + Y(R - a \times U)]$$

$$\frac{\partial F(Z)}{\partial Y} = Z(1-Z)[XW_2 + R - a \times U]$$

$$\frac{\partial F(Z)}{\partial Z} = (1-2Z)[XW_2 + Y(R - a \times U) + a \times U - C_3]$$

若需要满足局部均衡点是动态演化博弈的演化稳定均衡点, 则要求

$$\det(J) = (1) \times [(5) \times (9) - (8) \times (6)] - (2) [(4) \times (9) - (7) \times (6)] + (3) [(4) \times (8) - (7) \times (5)] > 0$$

$$\text{tr}(J) = (1) + (5) + (9) < 0$$



1. 初始概率

从上述演化博弈分析,可以发现初始概率将影响整个复制的动态系统。为了探究初始概率对复制动态系统的总体影响,我们随机模拟了政府、企业和农民策略的初始概率,使它们在(0,1)之间变

化<sup>[35-36]</sup>。设置其他参数的值不变,如表3。为了说明不同初始概率对复制动态系统的影响,将初始概率分为两组。第一组表明政府、企业和农民具有很高的初期合作意愿;第二组表明他们最初的合作意愿很低。

表3 系统动力学模型初始值设置

参数	C1	C2	C3	W1	W2	I1	I2	L1	L2	R	U	a
模拟值	20	3	4	4	5	30	2	10	1	3	20	0.5

设 $X(0) = 0.3, Y(0) = 0.2, Z(0) = 0.1$ ,三方进化博弈的最终结果如图7A所示。此时虽然最后的演进结果都趋向于(1,1,1),但收敛过程较为缓慢,表示即使三方会达成合作,但在策略实施过程中三个利益主体的合作意愿都较低。同时,该情形下企业是达到稳定状态最快的利益主体,而农民是达到稳定状态最慢的利益主体;设 $X(0) = 0.8, Y(0) = 0.7, Z(0) = 0.6$ ,三方进化博弈的最终结果如图7B所示。此时向(1,1,1)收敛的速度较快,说明利益主体三方向合作演进的意愿较高。该情形下农民则成为了达到稳定状态最快的利益主体。由此可以看出,三方利益主体的初始意愿虽然不能影响最终的稳定状态,但是对于演进过程利益主体的合作状态却有影响。

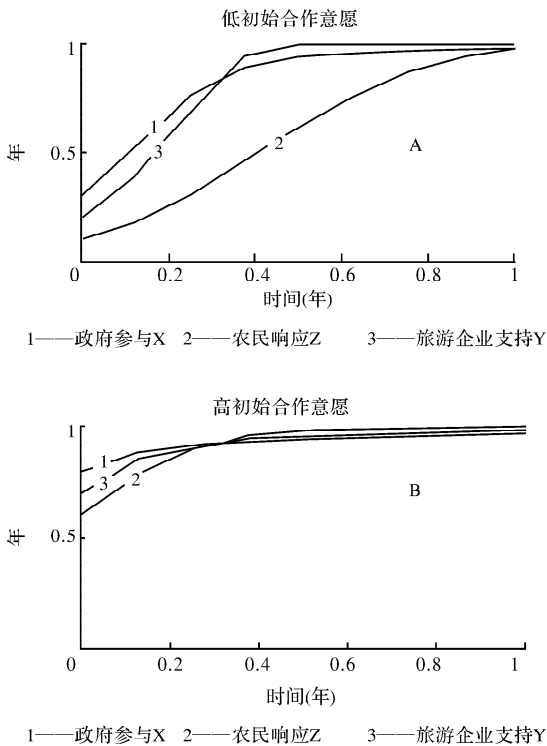


图7 初始合作概率对不同群体三方进化博弈的影响

2. 农民成本

除了数值分析,还需对不同参数进行灵敏度测

试,其主要目的是寻找模型中较为敏感的参数和杠杆作用。本文主要以农民角度展开研究,农民这一利益主体的策略演进成为了分析的重点,故以农民成本作为改变参数进行灵敏度测试。将农民成本分别设为1、2、3、4,将农民的初始概率分别设为0.4和0.8,同时其他参数如表3保持固定不变,结果如图8所示。

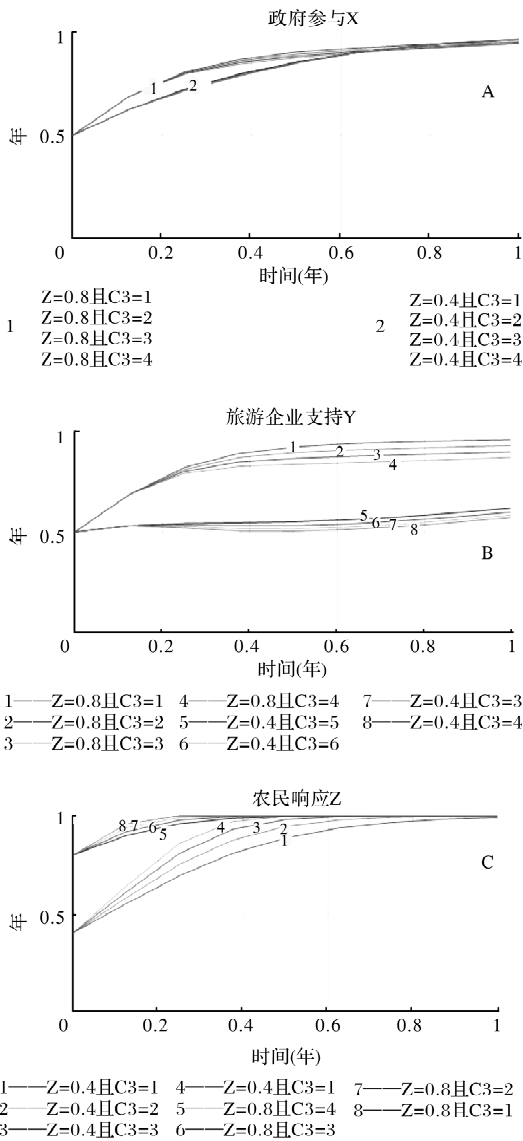


图8 三方演化博弈中农民成本对利益主体的影响



从图8可以看出,企业和农民受农民成本的影响较大,而政府几乎不受农民成本的影响。农民合作意愿的初始概率从0.4变化到0.8这一过程中,政府和农民并不敏感,其策略演进的收敛趋势整体而言并未发生较大变化,但是其对企业的演进趋势影响较大。从图8B可以看出,当农民的初始合作意愿较低时,企业在演进的中前期都为向下收敛的状态,即逐渐演变为回避策略,而演进过程的中后期即时呈上升趋势,但并未达到支持策略的收敛状态,由此可知当企业支持和政府参与的初始概率为0.5时,农民响应的初始概率若太低,则会对企业的策略影响较大。这就要求在生态保护补偿策略实施的过程中,积极鼓励农民参与保护和修复,使农民不仅成为“主人翁”角色,更是“主力军”的角色。

### 3. 企业补贴

为了对企业给农民的补贴进行灵敏度测试,将补贴参数值分别设为1、3、5、7,同时其他参数如表3保持固定不变,结果如图9所示。从动态复制方程和图9A可以看出,企业补贴的大小对政府策略的影响较小,尤其是演进过程初期。从图9C可以看出,随着补贴的增加农民响应策略的收敛速度越来越快,这和现实情况是相符的,即农民获得的补贴越多,那么其越有可能采取积极合作意愿去响应政策和配合项目的实施。但是此情景并不适用于企业策略的演进过程,由图9B可知,当补贴数值为1和3时曲线向上收敛,而当补贴数值变为5和7时曲线向下收敛。从收敛趋势的变化可以看出企业补贴是个较为敏感的参数,当超过3时企业就会采取回避的策略,这要求在生态保护补偿策略过程中企业掌握好补贴的力度,若太低则会影响农民积极性,若太高则会影响自身的收益。

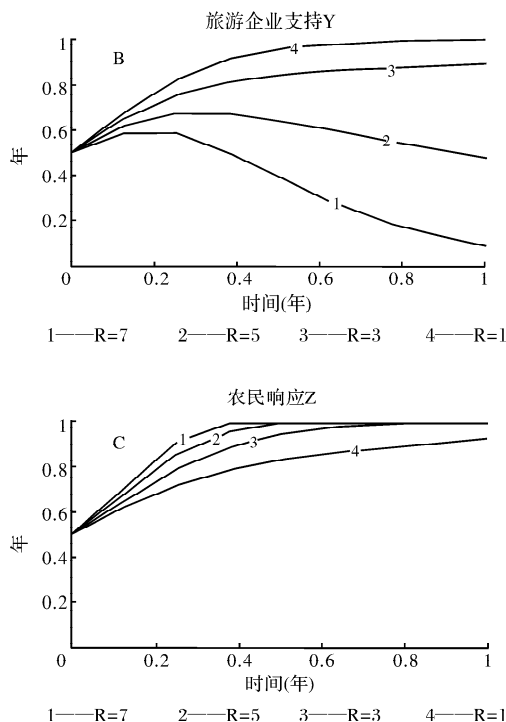
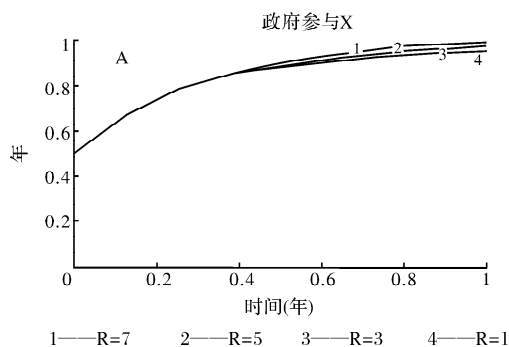
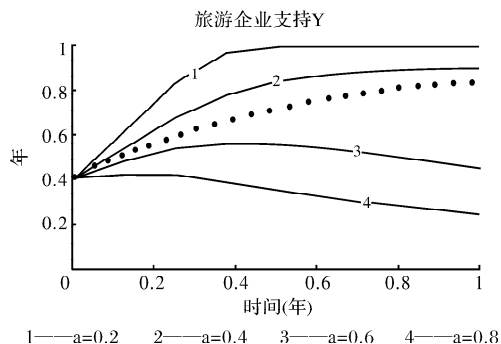


图9 三方演化博弈中企业补贴对利益主体的影响

### 4. 生态-经济效益分配系数

此分析中,除生态-经济效益分配系数 $a$ 之外,我们将参数保持不变,将 $a$ 分别赋值0.2、0.4、0.6和0.8,分析结果如图10所示。生态-经济效益分配系数越大,农民收获到的效益就越大,由此对称的企业效益就越少,企业则越会采取回避措施。根据图10A,农民决策的敏感性随着分配系数的增加而增加,而当分配系数达到0.2时,其稳定状态将从0变为1。通过以上分析可以看到,当稳态变化时,分配系数在0.4~0.6。为了进一步获得准确的分配系数,将分配系数从0.4以0.02的步长变化到0.6,并观察了系统的变化(图10B)。从图10B可以看出, $a$  = 临界值为0.42,当 $a > 0.42$ 时,农民将从稳定状态0变为稳定状态1;当 $a < 0.42$ 时,企业将保持稳定在0。由此也可以得出结论,监管-补偿策略下所产生的效益中农民分配到的相对较少。



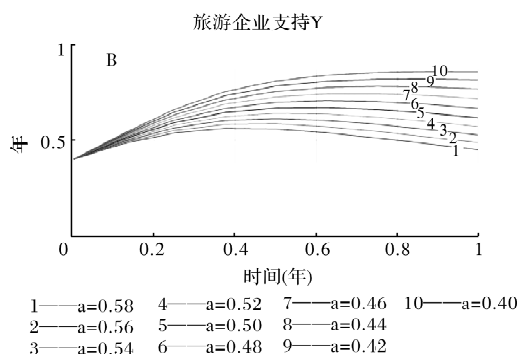


图10 三方演化博弈中分配系数对利益主体的影响

## 五、研究结果

在博弈论的基础上将国家湿地公园中的监管-补偿问题纳入一个包括政府、企业和农民的共生系统中,模拟不同情景设置下利益主体对监管-补偿策略的态度。通过以上分析,可以得出以下主要结论:(1)政府、企业和农民实施、支持和响应监管-补偿策略概率的初始值不会影响策略的最终演进,但会影响演进过程的利益主体意愿程度变化。(2)企业和农民的策略在一定条件下可以独立地影响政府的策略演进,且企业实施支持策略概率越高,政府实施参与策略也越高。(3)农民响应策略的成本对企业的影响程度较大。(4)企业给农民的补贴力度和合作策略是非线性的,并不是越大(小)就越好。(5)相比于农民,企业对生态-经济效益分配较为敏感,且农民的效益分配系数为0.42。

## 六、启示

旅游社区参与型国家湿地公园虽然同其他湿地公园一样具有显著或特殊生态、文化、美学和生物多样性价值的湿地景观,可供公众浏览、休闲或进行科学、文化和教育活动,但是涉及到的利益主体更为复杂。如何运用科学性和适用性强的分析模型和方法来探索其中的利益关系和效益分配是一项具有高瞻意义的系统研究。根据上述分析,为了寻找各利益主体在监管-补偿策略下的内在影响机制和问题解决措施,进而深化生态保护补偿制度改革,加快生态文明制度体系建设,努力开创天更蓝、山更绿、水更清的美丽中国建设新局面,本文结合理论与实践有如下启示。

一是完善约束制度,强化监管机制。首先政府应落实主体责任,履行政府监督责任,加强生态保

护补偿工作进展跟踪,开展生态保护补偿实施效果评估;其次,政府应对企业破坏湿地公园生态、文化等资源的行为和机会主义行为进行严厉打击,对不顾生态环境盲目决策、造成严重后果的企业行为依规依纪依法严格问责、终身追责;最后,政府应加强湿地公园科普宣教,增强农民的自觉保护意识,并对于农民中为了一己私欲破坏湿地环境的行为进行批评教育和法律追责。

二是调整激励政策,健全纵向补偿机制。首先中央政府的纵向转移性支付行为是地方政府参与保护湿地公园过程中发挥监管作用的核心驱动力,各省级政府要加大生态保护补偿资金投入力度,因地制宜出台生态保护补偿引导性政策和激励约束措施,调动省级以下地方政府积极性,加强生态保护,促进绿色发展。其次地方政府应结合相关政策积极应对,让生态-经济效益惠及企业和农民等多方主体,使湿地公园建设中提高生态效益而降低经济效益的“抵充效应”转换成生态-经济共同发展的“叠加效应”,使区域保护和发展的支持体系更加健全有效,全面调动相关部门和新时代农民参与湿地公园保护的积极性。

三是发挥市场机制作用,加快推进多元化补偿。支持生态功能重要地区开展生态环保教育培训,引导发展特色优势产业、扩大绿色产品生产,加快发展生态农业和循环农业。政府通过提供财政补贴激励企业积极参与到保护开发项目中,通过培养品牌、拓宽创业渠道等方式为企业提供良好的市场环境,以实现环境污染防治、生态系统保护修复等工程与生态产业发展有机融合,完善居民参与方式,建立持续性惠益分享机制。

四是加强政府、企业和农民的合作,构建湿地公园可持续共生系统。从上述演化博弈和系统动力学模型可知,任意一方利益主体的复制动态方程中都包含了其他利益主体的策略概率,由此可见政府、企业和农民三方利益主体策略行为是相互依赖和彼此牵制的。因此在湿地公园建设过程中要增强农民的“主人翁”意识,增强农民的获得感、幸福感和安全感,并为企业和政府提供技术、劳动力等多方位支持。同时企业也应发挥好引领作用和榜样作用,成为政府生态治理和经济发展的智囊团,发挥好城乡统筹机制和联合协调机制中的中坚力

量,从而形成利益协调、利益共享、利益保障、责任共担和奖惩分明的湿地公园可持续共生系统。

### 参 考 文 献

- [1] 舒远琴,宋维峰,马建刚. 哈尼梯田湿地生态系统健康评价指标体系构建[J]. 生态学报, 2021, 41(23): 9292-9304.
- [2] 陶练. 山东省微山湖国家湿地公园[J]. 景观设计学, 2016, 4(3): 100-109.
- [3] 吴后建,但新球,王隆富. 2001—2008年我国湿地公园研究的文献学分析[J]. 湿地科学与管理, 2009, 5(4): 40-43.
- [4] 庄大昌,董明辉. 洞庭湖区湿地生态旅游资源开发模式研究[J]. 人文地理, 2002, 17(1): 73-76.
- [5] 许振宇,刘望保. 蓝色经济视域下湿地资源开发模式探讨——以福建省为例[J]. 生态经济, 2016, 32(5): 157-160.
- [6] 吕尧. 基于“湿地公园群”规划的城市区域生态基底优化——北京市朝阳区北部城市湿地公园群规划案例分析[J]. 林业资源管理, 2019(6): 127-131.
- [7] 赵俊,洪怡恬. 福建省湿地生态补偿法律机制及效用研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(4): 135-140.
- [8] 项桂娥,王凯峰. 升金湖湿地资源保护和可持续利用研究[J]. 中国农业资源与区划, 2005, 26(1): 56-59.
- [9] 杨霄,刘森,贾超. 城市湿地公园建设的生态效应——以济西国家湿地公园为例[J]. 水土保持通报, 2021, 41(2): 162-169, 187.
- [10] 黄金文. 基于利益相关者约束的湿地公园多主体参与监管模式构建[J]. 中国行政管理, 2012(1): 44-47.
- [11] 卢明强,陈丽军. 基于MNL离散选择模型的社区居民对湿地保护的贡献意愿——以大庆湿地为例[J]. 自然资源学报, 2021, 36(2): 449-458.
- [12] 王军,王媛. 湿地生态旅游资源开发的社区参与模式探讨——以江苏海滨湿地保护区为例[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2175-2181.
- [13] 庄大昌,丁登山,任湘沙. 我国湿地生态旅游资源保护与开发利用研究[J]. 经济地理, 2003, 23(4): 554-557.
- [14] 赵磊,吴文智,李健. 基于游客感知价值的生态旅游景区游客忠诚形成机制研究——以西溪国家湿地公园为例[J]. 生态学报, 2018, 38(19): 7135-7147.
- [15] WANG W F, CHEN J S, FAN L L, et al. Tourist experience and Wetland Parks: a case of Zhejiang, China [J]. Annals of Tourism Research, 2012, 39(4): 1763-1778.
- [16] 尚晓丽,钟永德,李文明. 城市湿地公园环境教育资源评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(12): 169-178.
- [17] 朱里莹,徐姗,兰思仁. 基于灰色统计分析的中国国家公园景观特征要素选择[J]. 中国园林, 2018, 34(10): 98-102.
- [18] 李玉凤,刘红玉,郑囡. 基于功能分类的城市湿地公园景观格局——以西溪湿地公园为例[J]. 生态学报, 2011, 31(4): 1021-1028.
- [19] WANG B H, ZHENG X F, ZHANG H J, et al. Bacterial community responses to tourism development in the Xixi National Wetland Park, China [J]. Science of the Total Environment, 2020, 720: 137570.
- [20] YANG X, LIU S, JIA C, et al. Vulnerability assessment and management planning for the ecological environment in urban wetlands [J]. Journal of Environmental Management, 2021, 298: 113540.
- [21] 王青瑶,马永双. 湿地生态补偿方式探讨[J]. 林业资源管理, 2014(3): 27-32.
- [22] 庞洁,徐珂,靳乐山. 湿地生态补偿对农户生计策略和收入的影响研究——以鄱阳湖区调研数据为例[J]. 中国土地科学, 2021, 35(4): 72-80, 108.
- [23] 中国生态补偿机制与政策研究课题组. 中国生态补偿机制与政策研究[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [24] VAN NOORDWIJK M A, VAN SCHAICK C P. Development of ecological competence in Sumatran orangutans [J]. American Journal of Physical Anthropology, 2005, 127(1): 79-94.
- [25] GOMEZ-BAGGETHUN E, DE GROOT R, LOMAS P L, et al. The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes [J]. Ecological Economics, 2010, 69(6): 1209-1218.
- [26] PAGIOLA S, AGOSTINI P, GOBBI J, et al. Paying for biodiversity conservation services [J]. Mountain Research and Development, 2005, 25(3): 206-211.
- [27] PASCUAL U, PHELPS J, GARMENDIA E, et al. Social equity matters in payments for ecosystem services [J]. Bio Science, 2014, 64(11): 1027-1036.
- [28] 王昌海,崔丽娟,毛旭锋. 湿地保护区周边农户生态补偿意愿比较[J]. 生态学报, 2012, 32(17): 5345-5354.

- [29] 孙博, 谢屹, 温亚利. 中国湿地生态补偿机制研究进展[J]. 湿地科学, 2016, 14(1): 89-96.
- [30] 孙志高, 刘景双, 李彬. 中国湿地资源的现状、问题与可持续利用对策[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 83-88.
- [31] 黄凯南. 演化博弈与演化经济学[J]. 经济研究, 2009, 44(2): 132-145.
- [32] 王其藩. 系统动力学理论与方法的新进展[J]. 系统工程理论方法应用, 1995, 4(2): 6-12.
- [33] 张浩. 脑图像分类在神经精神疾病辅助诊断中的应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [34] WANG P K C. Stability analysis of elastic and aeroelastic systems via Lyapunov's direct method[J]. Journal of the Franklin Institute, 1966, 281(1): 51-72.
- [35] SHENG J C, WEBBER M. Incentive-compatible payments for watershed services along the Eastern Route of China's South-North Water Transfer Project[J]. Ecosystem Services, 2017, 25: 213-226.
- [36] LIU C, HUANG W L, YANG C. The evolutionary dynamics of China's electric vehicle industry-Taxes vs. subsidies [J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 113: 103-122.

## Research on Ecological Protection Compensation Mechanism of Tourism Community-type National Wetland Park under the Tripartite Evolutionary Game ——A case study of Longji Terrace National Wetland Park

LI Yi, ZHENG Wen-jun

(1. School of Tourism and Landscape Architecture, Guilin University of Technology,  
Guilin 541006, China)

**Abstract:** The benign interaction between ecological protectors and beneficiaries in the compensation process for the ecological protection of national wetland parks can encourage the enthusiasm of the whole society to participate in ecological protection, so it is crucial to deeply analyze the appeals and benefit distribution among the relevant stakeholders. Taking the tourism community-type National Wetland Park of Longji Terrace as the research object, this paper introduces the ecological-economic benefit distribution coefficient and establishes a mathematical model that is based on evolutionary game theory to analyze the evolutionary trend of tripartite strategies of government, enterprises and farmers in the wetland park. The further simulation and in-depth analysis with the system dynamic model (SD) arrive at the following conclusions: 1) the initial value of the probability that the government, enterprises and farmers implement the strategy will not affect the final evolution of the strategy, but change the willingness of the stakeholders in the evolution process. 2) Under certain conditions, the strategies of enterprises and farmers can independently influence the evolution of the government's strategy, and the higher the probability that enterprises implement the support strategy, the higher probability of government's implementation of the participation strategy. 3) The cost paid by farmers to respond to the policy has a greater impact on enterprises. 4) The relationship between the subsidies provided by enterprises to farmers and the cooperation probability of various entities is nonlinear, and the larger (or smaller) is not the better. 5) The distribution coefficient of farmers' ecological-economic benefits is 0.42, which is slightly lower than that of enterprises. Accordingly, the paper makes policy recommendations to improve the compensation mechanism for the ecological protection of national wetland parks, as well as to ecological sustainability and regional high-quality development of wetland parks through incentives, constraints, and cooperation.

**Key words:** the National Wetland Park; ecological protection mechanism; evolutionary game; system dynamics; Longji Terrace

【编辑 吴晓利】