

Evolutionary Game Theory Model for Construction Agency System of Government Investment Project

Yudi Wu

The 38th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Hefei Anhui
Email: wuyudi524@163.com

Received: Mar. 27th, 2018; accepted: Apr. 11th, 2018; published: Apr. 18th, 2018

Abstract

In order to promote development of construction agency system and enhance management level of government investment project in China, evolutionary game models for construction agency system of government investment project were established. The research object was government investment project. Firstly, the paper explored three implementation modes and basic processes of construction agency system of government investment project. Secondly, it discussed consignment-agency relationship between client group and the agent group of construction agency system, and stated that the application of evolutionary game theory is feasible on the government investment project. Finally, it built two cases of models using evolutionary game as tool, and put forward the corresponding suggestions through analysis of models. Research results test and verify the suggestions that are effective and beneficial, and promote long-term cooperation relationship between client group and agent group in the government investment project effectively, and good market environment of construction agency system in China.

Keywords

Project Management, Construction Agency System, Consignment-Agency, Evolutionary Game Theory

政府投资项目代建制的演化博弈模型

吴宇迪

中国电子科技集团公司第三十八研究所, 安徽 合肥
Email: wuyudi524@163.com

收稿日期: 2018年3月27日; 录用日期: 2018年4月11日; 发布日期: 2018年4月18日

摘要

为促进政府投资项目代建制发展,提升政府投资项目管理水平,构建政府投资项目代建制的演化博弈模型。以政府投资项目代建制为研究对象,论述了实施代建制的三种模式和基本流程,分析了政府投资项目代建制中的委托-代理关系,利用演化博弈理论为工具建立了约束条件为零和约束条件不为零的两种情况下的演化博弈模型,并通过模型分析提出促进委托方与代建方长期合作的相应对策。本文的研究成果具有促进我国政府投资项目代建制的完善和代建制市场培育等理论和实践价值。

关键词

项目管理,代建制,委托-代理,演化博弈论

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国政府对基础设施建设的投入逐年增加,传统的项目管理模式已无法适应发展需要,具体表现在参与方利益分配不均、管理水平低下、决策缺乏科学性[1] [2] [3]等方面。如何有效、科学地推进政府投资项目成为当前的重要课题。

2004年7月,国务院颁布的《关于投资体制改革的决定》中提出“对非经营性政府投资项目加快推行代建制模式”。自此,以北京、上海、深圳和厦门为代表的代建制的试点在全国范围内展开[4]。我国政府投资项目代建制是将建设单位与使用单位分离,由业主通过招标方式,委托有相应资质的代建企业,对项目进行全过程管理的一种模式[5]。我国政府投资项目代建制仍处于初级阶段,发展过程中遇到了一些亟需解决的问题,譬如代建单位专业化程度不足,代建制主体法律地位不明确,代建单位选择机制不完善,实施模式不成熟,传统体制惯性较大等等[6]。演化博弈论是整合了传统经济学与生物演化思想,将历史、制度、时间要素以及均衡过程中的各种细节融入模型,产生多重均衡选择的动态博弈工具[7]。本文尝试使用演化博弈论来建立模型,分析我国政府投资项目代建制发展规律和特点,提出促进其完善的建议和途径。

2. 政府投资项目代建制

2.1. 代建制的三种模式

代建制是国家倡导的政府投资项目实施管理模式,也是当前建筑业和学术界研究的热点。政府投资项目代建制,主要有三种模式:集中代建模式、中间模式和企业代建模式[8],如图1所示。

集中代建模式是由事业性机构对政府投资项目实施代建,该模式可以有效地对项目进行整合,更有效地发挥专业优势,提升项目综合管理水平,但是会发生政府职能定位不清的问题。中间模式是指政府将投资管理职能移交给投资公司或城建公司,由其行使业主职能,并通过招标等方式委托代建公司进行代建,该模式很好体现了代建制的间接管理,但容易发生把关不严、代建单位与业主串通的问题。企业代建模式是由政府通过公开招标方式,选择代建企业实施代建的模式,该模式有利于控制项目投资,

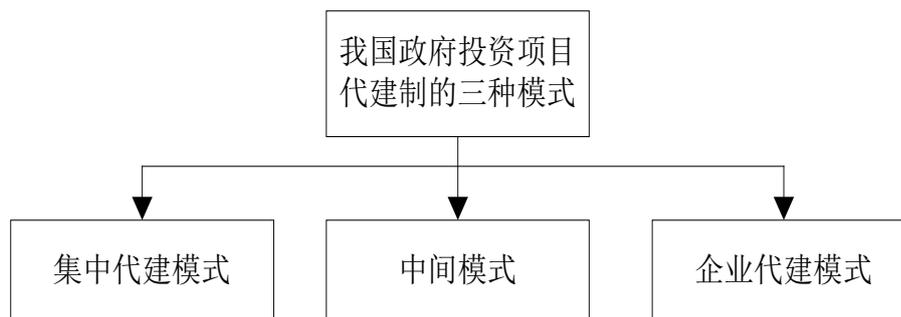


Figure 1. Three modes of construction agency system of government investment project in China

图 1. 我国政府投资项目代建制的三种模式

提高质量与管理水平，促进市场正常有序发展。本文研究的我国政府投资项目代建制主要是指采用企业代建模式进行的政府投资项目代建制。

2.2. 基本流程

从项目管理的角度来看，政府投资项目代建制可以分为三个阶段：决策阶段、实施阶段和验收移交阶段，如图 2 所示。

3. 经济分析

3.1. 委托 - 代理问题

政府投资项目实行代建制，使政府的投资职能与管理职能相分离，由此产生了代建方与委托方间的委托 - 代理问题。信息不对称问题在建筑市场中普遍存在，政府作为委托方与代建方之间由于信息不对称也就成为一种典型博弈问题，该博弈问题包含了委托方对代建方选择过程，代建方对委托方的反馈过程，委托方对代建方机会选择行为的处罚过程等等。我国政府投资工程建设项目代建制背景下，委托方通常处于主导地位，具有话语权和主动性。在委托方与代建方信息不对等情况下，委托方强势实行项目建设，导致代建方利益无法得到保障，并采取不合作态度。另一方面，由于代建方的不合作态度以及利己思想，导致委托方利益受损，采取消极措施。双方在这样一个消极反馈模式里，向利益互损方向发展，导致工程质量低下，委托方与代建方的信誉都受到损害。本文研究的重点就是委托方该采取何种行动才能消除这种不利影响，使双方通过科学的合作方式，实现高效、高质的合作，同时达到经济效益与社会效益的双赢。

3.2. 演化博弈模型

以往关于我国政府投资项目代建制问题的研究只注重定性分析，很少使用定量研究方法，其主要原因是传统经济方法并不适用于我国政府投资项目代建制问题的研究，传统经济方法只关注参与人个体和个体的“经济性”。由于代建制是我国政府倡导的政府投资项目管理方式，对它的研究要综合考虑各种因素，并提出普遍适用和便于推广的研究方法。演化博弈模型是结合了经典博弈及生态理论的研究成果，以有限理性的参与群体为研究对象，使研究对象从传统的“经济人”转向现实的“社会群体”，直接以参与群体为研究对象，在充分考虑影响参与群体行为的社会、文化、民族、习俗及习惯等因素的基础上，把参与群体的决策时间和因素互动纳入模型[9] [10] [11]。演化博弈模型是将定性和定量分析结合，在充分考虑约束条件和群体理性前提下，有效弥补了以往代建制缺乏定量研究的问题。

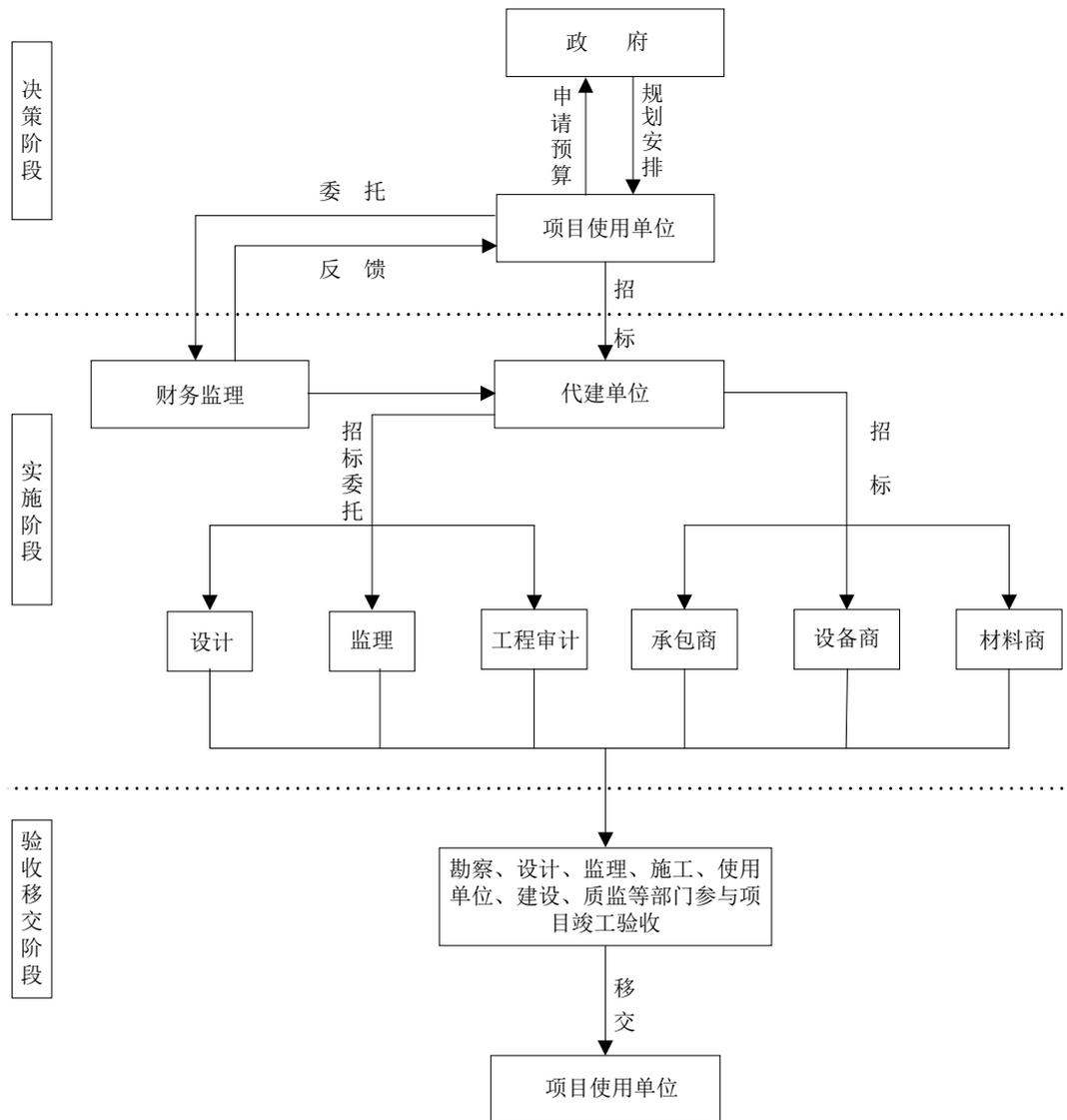


Figure 2. Flow chart of construction agency system of government investment project
图 2. 政府投资项目代建制流程图

4. 建模与分析

4.1. 前提假设

- 1) 以合作为研究目的。模型建立的目的是在委托方和代建方之间形成一个长期的合作关系，为双方创造尽可能大的利益。
- 2) 以双群体为研究对象。本文研究选择的是演化博弈模型分类中的双群体模型[12] [13] [14]，应用连续复制动态(RD)研究双群体间行为冲突，分析其行为选择是否具有稳定性和内部传播性。
- 3) 以局部动态为研究视角。局部动态视角可以综合考虑群体关系中各要素间互相作用和影响。

4.2. 约束条件为零的理想模型

4.2.1. 建模过程

假设政府投资项目代建制存在于“约束条件为零”的理想化状态下，有委托方群体与代建方群体，

委托方全体的初始策略选择包括两种：与代建方合作(Coo)；与代建方不合作(Non)。同样，代建方也有两种初始策略选择：与委托方合作(Coo)；与委托方不合作(Non)。进而假设， M 为委托方的支付矩阵； D 为代建方的支付矩阵； m 和 n 分别为委托方与代建方的纯策略数； $\pi_M > 0$ 为委托方执行与代建方不合作策略，委托方可获得正常利润； $\pi_D > 0$ 为代建方执行与委托方不合作策略，代建方获得的正常利润； ΔV_M 为委托方执行与代建方合作策略，委托方获得的超额利润； ΔV_D 为代建方执行与委托方合作策略，代建方获得的超额利润； ΔV 为委托方与代建方双方超额利润之和， $\Delta V = \Delta V_M + \Delta V_D (\Delta V, \Delta V_M, \Delta V_D > 0)$ ； $C_M > 0$ 为委托方首先采取与代建方合作策略而引发的投资； $C_D > 0$ 为代建方先采取合作策略而引发的投资。由此得到双方演化博弈的支付矩阵，如表 1 所示。

假设委托方采用合作策略的可能性为 x ，不合作策略的可能性为 $1 - x$ ；代建方采用合作策略的可能性为 y ，不合作策略的可能性为 $1 - y$ 。根据复制动态(RD)方程可得平均适应度(即策略的增长率等于它的相对适应度)：

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x(1-x)(1,-1) \times P(y,1-y) \\ \bar{y} &= y(1-y)(1,-1) \times Q(x,1-x) \end{aligned} \tag{1}$$

$P = \begin{pmatrix} \pi_M + \Delta V_M & \pi_M - C_M \\ \pi_M & \pi_M \end{pmatrix}$ ； $Q = \begin{pmatrix} \pi_D + \Delta V_D & \pi_D \\ \pi_D - C_D & \pi_D \end{pmatrix}$ 分别为委托方和代建方的支付，双方的 RD 方程为：

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x(1-x)[(\Delta V_M + C_M)y - C_M] \\ \bar{y} &= xy(1-y)(\Delta V_D + C_D) \end{aligned} \tag{2}$$

根据公式(2)，平面 $S = \{(x, y); 0 \leq x, y \leq 1\}$ 上，有 5 个均衡点，它们分别为 $O(0,0)$, $A(1,0)$, $B(0,1)$, $C(1,1)$ 和 $F(X_F, Y_F)$ ，其中：

$$X_F = C_D / (\Delta V_D + C_D), Y_F = C_M / (\Delta V_M + C_M) \tag{3}$$

所有均衡点及其含义，如表 2 所示。

根据表 2， $O(0,0)$ 和 $C(1,1)$ 为稳定的源入点，是演化稳定策略，简称 ESS。 $B(0,1)$ 和 $A(1,0)$ 为系统的不稳定源出点， $F(X_F, Y_F)$ 为系统鞍点。

Table 1. The payoff matrix of both parties without constraint conditions

表 1. 约束条件为零时双方的支付矩阵

策略与支付	代建方 Coo	代建方 Non
委托方 Coo	$\pi_M + \Delta V_M, \pi_D + \Delta V_D$	$\pi_M - C_M, \pi_D$
委托方 Non	$\pi_M, \pi_D - C_D$	π_M, π_D

Table 2. Coordinates, equilibrium state and specific meaning of equilibrium points

表 2. 均衡点坐标、状态及其具体含义

均衡点	均衡点坐标	状态	具体含义
O	$x = 0, y = 0$	ESS	双方均采用不合作策略
B	$x = 0, y = 1$	稳定	委托方选择不合作，而代建方选择合作
A	$x = 1, y = 0$	稳定	委托方选择合作，而代建方选择不合作
C	$x = 1, y = 1$	ESS	双方建立长期合作关系
F	$x = X_F, y = Y_F$	鞍点	动态系统当前状态演化点

此时，双方的演化博弈过程，如图 3 所示。

由图 3 可知，初始状态在点 $A(1,0)$ ， $B(0,1)$ 及 $F(X_F, Y_F)$ 的连线上方区域内时，将收敛于点 $C(1,1)$ ，即收敛于合作状态，委托方和代建方都会采用合作策略。初始状态在点 $A(1,0)$ ， $B(0,1)$ 及 $F(X_F, Y_F)$ 的连线下方区域内时，将收敛于点 $O(0,0)$ ，即收敛于不合作状态，委托方和代建方都采取不合作策略。

4.2.2. 模型分析

图 3 和表 2 表明，在约束条件为零状态下，委托方和代建方在演化博弈过程中的结果有两个：完全合作或者完全不合作。根据系统的初始条件随机性，可以从以下几个方面来分析演化博弈在当前状态下的鞍点 $F(X_F, Y_F)$ 与各参数间的关系。

1) 投资 C 。当 C 下降时，即 C_M 或 C_D 分别或同时降低时，投资整体降低，此时，鞍点 $F(X_F, Y_F)$ 坐标 X_F 和 Y_F 将分别或同时变小，即点 F 将向平面 S 的左或下方移动，趋近于点 $O(0,0)$ ， S_{Non} 将变小， S_{Coo} 将变大；当 C 升高时，即 C_M 或 C_D 分别或同时提高时，投资增加，此时， S_{Non} 将变大，而 S_{Coo} 将变小。以上变化说明， C_M 与 X_F 、 C_D 与 Y_F 正向相互影响， C 的下降会促使委托方与代建方选择合作的可能性增加。

2) 超额利润 ΔV 。当 ΔV 降低时，点 F 坐标 X_F 和 Y_F 将同时变大，即点 F 将向平面 S 的右和上方移动，趋近于 $C(1,1)$ 点， S_{Coo} 将变小， S_{Non} 将变大；当 ΔV 升高时， S_{Coo} 将变大，而 S_{Non} 将变小， F 趋于 $O(0,0)$ 点。以上变化说明， ΔV 与 X_F 和 Y_F 负向相互影响， ΔV 的升高将促使双方选择合作的可能性增加。

3) 对超额利润的依赖程度 δ 。如果用 δ 表示双方对超额利润的依赖程度，即 δ_M, δ_D 分别表示委托方和代建方对超额利润的依赖程度，且 $(0 \leq \delta_M, \delta_D < 1)$ ， $\pi_i = \delta^{1-i} \Delta V_i$ 。如果代建方先于委托方行动，此时：

$$\begin{aligned} \Delta V_M &= \frac{\delta_M(1-\delta_D)}{1-\delta_D\delta_M} \Delta V \\ \Delta V_D &= \frac{(1-\delta_M)}{1-\delta_D\delta_M} \Delta V \end{aligned} \tag{3}$$

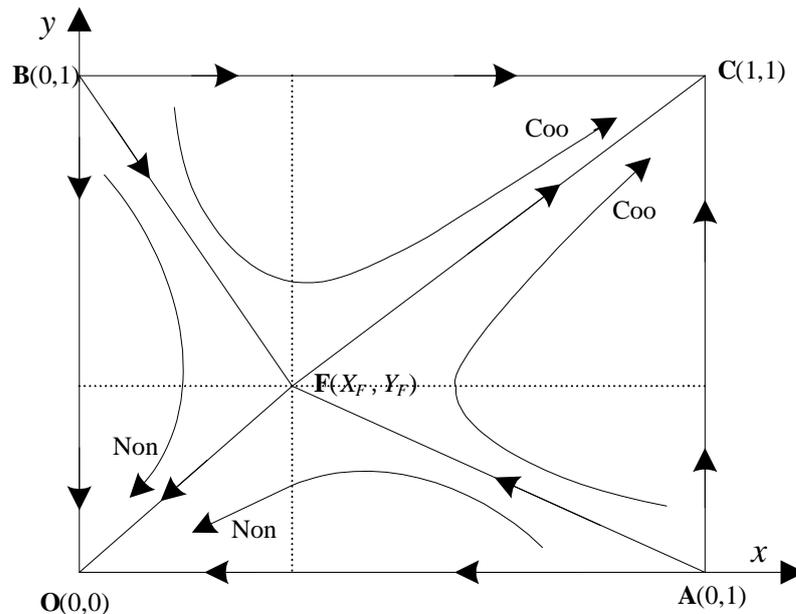


Figure 3. Evolutionary game Schematic plot of both parties without constraint conditions

图 3. 约束条件为零时的双方演化博弈示意图

此时的 F 点坐标为:

$$\begin{aligned} X_F &= 1 / \left[\left(\frac{1 - \delta_M}{1 - \delta_D \delta_M} \right) \frac{\Delta V}{C_D} + 1 \right] \\ Y_F &= \left[\frac{\delta_M (1 - \delta_D)}{1 - \delta_D \delta_M} \frac{\Delta V}{C_M} + 1 \right] \end{aligned} \tag{4}$$

当 $C_M, C_D, \Delta V$ 一定时, δ_M, δ_D 越大, 说明超额收益对双方效用越大, S_{Coo} 将变大, S_{Non} 将减小, 点 **F** 趋近于点 **O**(0,0); 而当 δ_M, δ_D 越小时, 说明双方更重视眼前利益, 倾向于不合作, 点 **F** 趋近于点 **C**(1,1), S_{Coo} 将变小, S_{Non} 将扩大。以上变化说明, δ_M, δ_D 与 X_F 和 Y_F 负向相互影响, δ_M, δ_D 越大将越促使双方选择合作的可能性增加。

此外, 市场给双方带来的收入变化将会决定演化博弈的结果: 当双方收益递增时, 合作关系将得到巩固和支持; 当双方收益递减时, 关系就向不合作方向发展。这两种结果都是稳定的, 且在其中任何一种状态下, 采取相反策略的参与方都将被挤出市场。

4.3. 约束条件不为零的现实模型

4.3.1. 建模过程

分析了约束条件为零的理想状态, 下面分析一下约束条件不为零的现实状况。本文将法律的监管作为代建制下委托方与代建方在演化博弈过程中受到的约束条件。在法律监管下, 如果对首先采取不合作策略的一方进行制裁。假设因不合作而造成法律追回责任为 L , 被违约一方为追回损失付出的经济成本为 $K > 0$, 则双方支付矩阵如表 3 所示。

双方的 RD 方程组为:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x(1-x)(1,-1)P(y,1-y) \\ \bar{y} &= y(1-y)(1,-1)Q(x,1-x) \end{aligned} \tag{5}$$

$P = \begin{pmatrix} \pi_M + \Delta V_M & \pi_M - K \\ \pi_M - L & \pi_M \end{pmatrix}, Q = \begin{pmatrix} \pi_D + \Delta V_D & \pi_D - L \\ \pi_D - K & \pi_D \end{pmatrix}$ 分为委托方和代建方的支付矩阵。

由此可得:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x(1-x)[(\Delta V_M + L + K)y - K] \\ \bar{y} &= y(1-y)[x(\Delta V_D + L + K) - L] \end{aligned} \tag{6}$$

可以得出在平面 $S = \{(p, q); 0 \leq p, q \leq 1\}$ 上, 只存在 4 个平衡点, 如图 4 所示。

根据图 4, 当 $K < \Delta V - C$ 时, 平面 $S = \{(p, q); 0 \leq p, q \leq 1\}$ 上有 4 个均衡点, **O**(0,0) 为鞍点, 点 **C**(1,1) 是稳定汇点, 点 **B**(0,1) 和点 **A**(1,0) 是不稳定源点。从 **S** 的任意状态开始, 演化博弈系统都将收敛于点 **C**(1,1), 即双方都会在对方采取不合作时用法律手段使其恢复合作策略。但是, 当 $K \geq \Delta V - C$ 时, 则 \bar{x} 或 \bar{y} 将单调递增到 1, 此时的双方都会采取不合作, 如果被违约方为追回损失所花的成本比合作引发的

Table 3. The payoff matrix of both parties with constraint conditions

表 3. 约束条件不为零时双方的支付矩阵

策略与支付	代建方 Coo	代建方 Non
委托方 Coo	$\pi_M + \Delta V_M, \pi_D + \Delta V_D$	$\pi_M - K, \pi_D - L$
委托方 Non	$\pi_M - L, \pi_D - K$	π_M, π_D

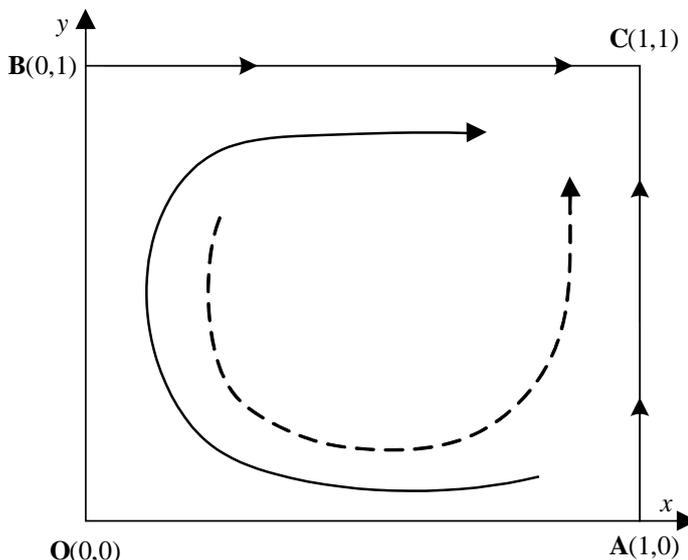


Figure 4. Evolutionary game Schematic plot of both parties with constraint conditions
图 4. 约束条件不为零时的双方演化博弈示意图

利润和投资之差更高时，约束将失去效用。

4.3.2. 模型分析

由图 4，演化博弈最终会向趋近于点 C(1,1)，即双方在法律监管下会沿着良性循环，即长期合作方向演化。无论是委托方或是代建方，在面临法律的监管时，都将理性地更趋于合作策略。

如果双方进入了不合作状态，想要摆脱有两种方法：首先，双方的演化博弈具有很强的路径依赖性。如果初始状态无效率，即双方不合作或单方合作，演化路径将结束在双方不合作状态。因此，委托方和代建方都要在选择合作伙伴时，坚决要求对方提供充足的、确定的手续和证据。同时，如果单方不合作时，另一方要使用法律手段。如果系统在开始时进入了不合作状态，就要观察该路径产生的收益递增是否可以改变这一状态，双方收益递增来源于市场本身，只要委托方和代建方间加强交流，替代路径就可能实现。其次，处罚与被违约方的起诉率和执法力度有很大关系。持法机关的执法不严和被违约方的纵容行为都可能造成不合作行为的广泛产生。双方一旦合作取得成功后，就会摆脱无效率状态，以后便会自愿、自发地继续合作，使长期合作成为最终的演化博弈结果。

4.4. 模型的局限性

目前，国内对演化博弈的研究仍处于初级阶段，理论研究和实践应用都与国外有一定差距。本文的研究和应用成果都需要进一步优化。

1) 策略选择较为简单。本文建立的模型在策略选择时仍然沿用传统的经典假设：合作与不合作对立策略模式。由于国内外学者对演化博弈的多策略假设研究已经不断完善，因此如何将多策略假设引入模型是后续研究的重点。

2) 未考虑群体内部博弈。本文建立的模型是建立在单态 RD 概念基础上，即不考虑群体内部博弈。由于群体内部博弈现象普遍存在，在后续研究中引入多态 RD 概念对现有模型进行优化是十分必要的。

3) 外部因素较为单一。本文建立约束条件不为零的模型时，假设存在的外部因素仅是法律监管一项，但由于现实代建制市场极为复杂，存在多种外部因素，后续研究中必须考虑更多外部因素。

5. 结论

1) 阐述政府投资项目代建制的三种模式和基本流程。在此基础上, 深入分析政府投资项目代建制中的委托-代理问题, 为利用演化博弈论作为工具解决代建制问题提供依据。

2) 建立约束条件为零的我国政府投资项目代建制演化博弈模型, 提出了促进演化向合作方向的三个建议: ① 降低投资 C ; ② 提高超额利润 ΔV ; ③ 增加超额利润的依赖程度 δ_M, δ_D 。

3) 建立约束条件不为零的我国政府投资项目代建制演化博弈模型, 将法律监管纳入模型, 提出了促进长期合作的三个建议: ① 加强信息交流; ② 加大执法力度; ③ 提高被违约方法律意识。

4) 提出本文模型的三个主要局限性: ① 策略选择较为简单; ② 未考虑群体内部博弈; ③ 外部因素较为单一。这三项同时也是后续研究的主要方向。

基金项目

国家自然科学基金 71201038。

参考文献

- [1] 丁述军. 发达国家政府投资的运行机制及其启示[J]. 管理世界, 2009(4): 165-166.
- [2] 皮圣雷, 皮俊. 基于产权理论的代建制工程项目管理研究[J]. 技术经济, 2011, 30(1): 64-71.
- [3] 朱鸿博, 刘继伟. 城市基础设施建设代建制与 BOT(BT)模式优劣探讨[J]. 建筑经济, 2011, 344(6): 28-30.
- [4] 张君兰. 我国代建制模式的激励与约束机制研究[J]. 价值工程, 2010(23): 58-59.
- [5] 范道津, 杜亚灵. 政府投资项目企业型代建制实务[M]. 天津: 天津大学出版社, 2010: 39-47.
- [6] 朱颖曾. 我国代建制流程与发展[J]. 建筑科学, 2007, 23(1): 107-109.
- [7] 青木昌彦, 奥野正宽. 经济体制的比较制度分析[M]. 魏加宁等, 译. 北京: 中国发展出版社, 1999: 75-78.
- [8] 王直民. 政府投资项目代建制模式的比较研究[J]. 经济论坛, 2010, 479(7): 160-162.
- [9] 易余胤, 肖条军. 我国信贷市场的进化与调控[J]. 东南大学学报, 2003(4): 183-186.
- [10] 盛昭瀚, 蒋德鹏. 演化经济学[M]. 上海: 上海三联书店, 2002: 135-141.
- [11] Foster, D. and Young, P. (1990) Stochastic Evolutionary Game Dynamics. *Theoretical Population Biology*, **38**, 219-232. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(90\)90011-J](https://doi.org/10.1016/0040-5809(90)90011-J)
- [12] Selten, R. (1980) A Note on Evolutionarily Stable Strategies in Asymmetric Games Conflicts. *Journal of Theoretical Biology*, **84**, 93-101. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(80\)81038-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(80)81038-1)
- [13] Cressman, R. (1995) Game Theory with Two Groups of Individuals. *Games and Economic Behavior*, **11**, 237-238. <https://doi.org/10.1006/game.1995.1050>
- [14] Cressman, R., Garay, J., Scarelli, A. and Varga, Z. (2004) Dynamic Stability of Coalitionist Behavior for Two-Strategy Biometrics Games. *Theory and Decision*, **76**, 112-114.

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7311, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mm@hanspub.org