

[文章编号] 1003—4684(2023)02-0097-07

基于演化博弈的全过程工程咨询项目合谋问题研究

席 榕, 刘富勤

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 全过程工程咨询服务与工程总承包相结合的模式是项目管理快速发展的一种新趋势。运用博弈论的方法,构建业主—全过程咨询企业—总承包单位的三方演化博弈模型,基于业主监管的角度,对另外两方主体合谋问题进行研究。结果表明:全过程咨询企业和总承包单位合谋概率与业主监管力度,惩罚力度,声誉损失和各方主体初始意愿等因素相关性强;激励池规模与全咨企业策略选择相关性强,与总承包单位相关性弱。基于上述结果指出,在全过程工程咨询项目中,业主应针对全过程咨询企业和总承包单位采取不同管理措施,以降低合谋发生概率。

[关键词] 三方博弈; 业主; 全过程工程咨询; 工程总承包; 合谋问题

[中图分类号] F282 **[文献标识码]** A

《国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见》(国办发[2017]19 号)^[1]中提到,国家正大力推行工程总承包和全过程工程咨询服务。孙继德^[2]探讨了全过程工程咨询和工程总承包两者相结合的组织模式;武建平^[3]基于《民法典》视角下,分析了全过程工程咨询和工程总承包的服务内容及责任主体集中问题;李巍^[4]通过研究相关政策和分析建筑业模式改革的原因,剖析了全过程工程咨询和工程总承包的组织模式。显然,探索全过程工程咨询和工程总承包相结合模式逐渐成为各学者研究的热点^[5],但大多数学者只对两种模式进行了服务内容或组织模式分析,未对两种模式在工程中极有可能发生的合谋问题进行研究,本文运用演化博弈对此问题尝试讨论和分析。

1 问题提出

在建设项目中,总承包单位显然比业主更加了解现场状况和施工细节等生产活动情况,因此可能会为了追求自身利益而做出不规范操作^[6];同样地,全过程咨询企业在进行咨询工作并对总承包单位进行监督时,其行为也难以完全被业主监测到,因此可能会利用信息不对称获取投机收益,而在全过程工程咨询和总承包单位结合模式下,很可能出现两者合谋欺骗业主的行为,此举措极大地损害了业主的正当利益,本文针对此类工程项目中出现的合谋问题进行分析^[7](图 1),从业主的角度考虑如何有效

的对全过程咨询企业和总承包单位进行监管,避免二者合谋造成业主的额外损失,并针对相关问题提出建议,希望能为业主监管起到一定的积极作用。

首先,以业主,全过程咨询企业(以下简称全咨企业)和总承包单位为主体的工程项目中,受信息不对称,环境变化和情绪经验等外界因素影响^[8],具备有限理性的特点;其次,对三方主体来说,它们的利益竞争是一个复杂的动态演化过程,三者间存在着博弈关系;随时间推移,各方会因为系统内部的演化而调整自身策略,并逐渐动态演化到一个合适的均衡点,最终合作共赢机制的建立就成为三大主体的博弈目标^[9]。因此,本文适合采用演化博弈模型对三方主体在项目中达到均衡状态的条件进行研究,讨论影响三方主体利益的内在因素,并通过 MATLAB 软件来进行仿真模拟。

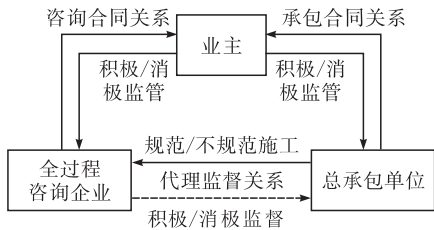


图 1 总承包模式下的三方演化博弈逻辑关系

2 模型构建

2.1 模型假设

假设一:由业主,全咨企业,总承包单位构建的

[收稿日期] 2021—11—08

[基金项目] 湖北省教研项目(2020464)

[第一作者] 席 榕(1998—),女,湖北十堰人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为工程管理

[通信作者] 刘富勤(1971—),女,河南信阳人,湖北工业大学副教授,研究方向为工程管理

三方主体博弈系统,三方地位是相同的,三方均是有限理性的,三方之间信息是不对称的,三方的目的均为最大化自身利益^[10],随时间推移,各方均会不断地学习,模仿,并改变自身行为策略,最终各自找到最佳策略,此时系统达到动态平衡。

假设二:业主可选择积极监管和消极监管两种行为策略,概率分别为 $\{x, 1-x\}$;全咨企业可选择积极监督和消极监督两种行为策略,概率分别为 $\{y, 1-y\}$;总承包单位可选择规范施工和不规范施工两种行为策略,概率分别为 $\{z, 1-z\}$;则 $x, y, z \in [0, 1]$ 均为时间 t 的函数^[11]。

假设三:参数假设: B_1 为全咨企业选择积极监督时的收益(正常收益); B_2 为总承包单位选择规范施工时的收益; S_1 为全咨企业选择积极监督时的成

本; S_2 为总承包单位选择规范施工时的成本; K_1 为全咨企业消极监督时的成本; K_2 为总承包单位不规范施工时的成本; H_1 为全咨企业消极监督时的额外收益; H_2 为总承包单位不规范施工时的额外收益; Q_1 、 Q_2 为全咨企业消极监督和总承包单位不规范施工的声誉损失; I 为全咨企业得到总承包单位的贿赂收益; J 为业主选择监管策略时的监管成本; M 为业主积极监管时设置的激励池规模; r 为全咨企业在激励池中的比例; F_1 、 F_2 为业主积极监管时对全咨企业、总承包单位的惩罚金额; C 为业主积极监管时给自身减少的损失值; α 为业主监管强度。

2.2 模型构建

根据以上假设,业主,全咨企业和总承包单位的混合策略矩阵如表 1 所示。

表 1 业主监管下的三方博弈支付矩阵

		业主积极监管(x)		业主消极监管(1-x)	
		全咨企业积极监督(y)	全咨企业消极监督(1-y)	全咨企业积极监督(y)	全咨企业消极监督(1-y)
总承包单位	规范	$C-J-M$	$C+\alpha F_1-J$	0	0
	施工	B_1+rM-S_1	$H_1-Q_1-\alpha F_1-K_1$	B_1-S_1	B_1-S_1
	(z)	$B_2+(1-r)M$	B_2-S_2	B_2-B_2	B_2-B_2
	不规范	$C+\alpha F_2-J$	$C+\alpha F_1+\alpha F_2-J$	0	0
	施工	B_1-S_1	$H_1+I-Q_1-\alpha F_1-K_1$	B_1-S_1	H_1+I-K_1
	(1-z)	$H_2-Q_2-\alpha F_2-K_2$	$H_2-I-Q_2-\alpha F_2-K_2$	H_2-K_2	H_2-I-K_2

3 演化博弈分析

3.1 业主的策略稳定性分析

根据表 1 收益支付矩阵可知,业主选择积极监管策略的期望收益^[12] U_{x1} 为:

$$U_{x1} = yz(C-J-M) + (1-y)z(C+\alpha F_1-J) + y(1-z)(C+\alpha F_2-J) + (1-y)(1-z)(C+\alpha F_1+\alpha F_2-J)$$

(1)

同理,业主选择消极监管策略的期望收益

$$U_{x2} \text{ 为: } U_{x2} = 0$$

(2)

业主的平均期望收益:

$$\bar{U}_x = xU_{x1} + (1-x)U_{x2}$$

(3)

业主的复制动态方程为:

$$F(X) = \frac{dx}{dt} = x(U_{x1} - \bar{U}_x) = x(1-x)[C+\alpha(F_1+F_2)-y\alpha F_1-z\alpha F_2-yzM-J]$$

(4)

X 的一阶导数为:

$$\frac{d(F(x))}{dx} = (1-2x)[C+\alpha(F_1+F_2)-y\alpha F_1-z\alpha F_2-yzM-J]$$

令 $F(X) = 0$, 可得 $x_1 = 0, x_2 = 1, y^* = \frac{C+\alpha(F_1+F_2)-z\alpha F_2-J}{zM+\alpha F_1}$

1)如图 2,当 $y=y^*$ 时, $F(X)\equiv 0$,此时所有的

x 都处于稳定演化状态,说明业主的监管策略是随机的,既可以选择积极监管,也可以选择消极监管策略。

2)当 $0 < y < y^*$ 时, $G(y) > 0$,则 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$,此时 $x=1$ 是稳定演化策略,即当全咨企业积极监督的比例低于 y^* 时,业主会选择积极监管策略。

3)当 $y^* < y < 1$ 时, $G(y) < 0$,则 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$,此时 $x=0$ 是稳定演化策略,即当全咨企业积极监督的比例高于 y^* 时,业主会选择消极监管策略。

业主的策略演化相位图,如图 2 所示。

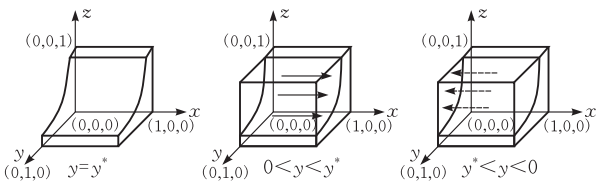


图 2 业主决策动态演化

3.2 全咨企业的策略稳定性分析

同理,全咨企业选择积极监督的期望收益为:

$$U_{y1} = xz(B_1+rM-S_1) + x(1-z)(B_1-S_1) + (1-x)zB_1 + (1-x)z(B_1-S_1) + (1-x)(1-z)(B_1-S_1)$$

(5)

全咨企业选择消极监督的期望收益为:

$$\begin{aligned} U_{y2} &= xz(H_1 - Q_1 - \alpha F_1 - K_1) + \\ &x(1-z)(H_1 + I - Q_1 - \alpha F_1 - K_1) + \\ &(1-x)z(H_1 - K_1) + (1-x)(1-z)(I + H_1 - K_1) \end{aligned} \tag{6}$$

全咨企业的平均期望收益:

$$\bar{U}_y = yU_{y1} + (1-y)U_{y2} \tag{7}$$

全咨企业的复制动态方程为:

$$\begin{aligned} F(Y) &= \frac{dy}{dt} = y(U_{y1} - \bar{U}_y) = \\ &y(1-y)[x(zrM + Q_1 + \alpha F_1) + zI + \\ &B_1 + K_1 - H_1 - S_1 - I] \end{aligned} \tag{8}$$

Y 的一阶导数为:

$$\begin{aligned} \frac{d(F(y))}{dy} &= (1-2y)[x(zrM + Q_1 + \alpha F_1) + \\ &zI + B_1 + K_1 - H_1 - S_1 - I] \end{aligned}$$

令 $F(Y) = 0$, 可得 $y_1 = 0, y_2 = 1, z^* = \frac{B_1 + K_1 - H_1 - S_1 - I}{x(rM + Q_1 + \alpha F_1) + I}$

1)如图 3,当 $z = z^*$ 时, $F(Y) = 0$,此时所有的 y 都处于稳定演化状态,说明全咨企业的策略是随机的,既可以选择积极监督,也可以选择消极监督。

2)当 $0 < z < z^*$ 时, $G(z) < 0$,则 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$,此时 $y = 0$ 是稳定演化策略,即当总承包单位规范施工的比例低于 z^* 时,全咨企业会选择消极监督策略。

3)当 $z^* < z < 1$ 时, $G(z) > 0$,则 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$,此时 $y = 1$ 是稳定演化策略,即当总承包单位规范施工的比例高于 z^* 时,全咨企业会选择积极监督策略。

全咨企业的策略演化相位图,如图 3 所示。

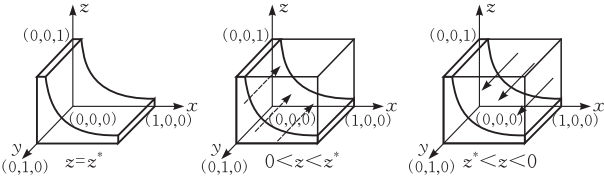


图 3 全过程咨询企业决策动态演化

3.3 总承包单位的策略稳定性分析

同理,总承包单位选择规范施工的期望收益为:

$$U_{z1} = xy[B_2 + (1-r)M - S_2] + x(1-y)(B_2 - S_2) + (1-x)y(B_2 - S_2) + (1-x)(1-y)(B_2 - S_2) \tag{9}$$

总承包单位选择不规范施工策略的期望收益为:

$$\begin{aligned} U_{z2} &= xy(H_2 - Q_2 - \alpha F_2 - K_2) + \\ &x(1-y)(H_2 - I - \alpha F_2 - K_2 - Q_2) + \\ &(1-x)y(H_2 - K_2) + (1-x)(1-y)(H_2 - I - K_2) \end{aligned} \tag{10}$$

总承包单位的平均期望收益:

$$\bar{U}_z = zU_{z1} + (1-z)U_{z2} \tag{11}$$

通过上述分析,得到总承包单位的复制动态方

程为:

$$\begin{aligned} F(Z) &= \frac{dz}{dt} = z(U_{z1} - \bar{U}_z) = \\ &z(1-z)\{x[y(1-r)M + Q_2 + \alpha F_2] - \\ &yI + B_2 + K_2 - H_2 - S_2 + I\} \end{aligned} \tag{12}$$

Z 的一阶导数为:

$$\begin{aligned} \frac{d(F(z))}{dz} &= (1-2z)\{x[y(1-r)M + Q_2 + \\ &\alpha F_2] - yI + B_2 + K_2 - H_2 - S_2 + I\} \end{aligned}$$

令 $F(Z) = 0$, 可得 $z_1 = 0, z_2 = 1, x^* = \frac{B_2 + K_2 - H_2 - S_2 - yI + I}{(1-r)M + Q_2 + \alpha F_2}$

1)如图 4,当 $x = x^*$ 时, $F(Z) = 0$,此时所有的 z 都处于稳定演化状态,说明总承包单位的策略是随机的,既可以选择规范施工,也可以选择不规范施工。

2)当 $0 < x < x^*$ 时, $G(x) < 0$,则 $F'(0) < 0, F'(1) > 0$,此时 $z = 0$ 是稳定演化策略,即当业主积极监管的比例低于 x^* 时,总承包单位会选择不规范施工策略。

3)当 $x^* < x < 1$ 时, $G(x) > 0$,则 $F'(0) > 0, F'(1) < 0$,此时 $z = 1$ 是稳定演化策略,即当业主积极监管的比例高于 x^* 时,总承包单位会选择规范施工策略。总承包单位的策略演化相位图,如图 4 所示。

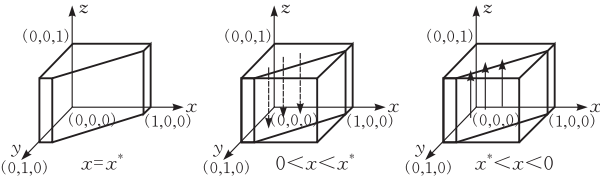


图 4 总承包单位决策动态演化

3.4 三方演化博弈系统均衡点的稳定性分析

将式(4)、(8)、(12)联立业主,全咨企业,工程总承包的复制动力系统为:

$$\begin{cases} F(X) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)[C + \alpha(F_1 + F_2) - \\ \quad yaF_1 - zaF_2 - yzM - J] \\ F(Y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[x(zrM + Q_1 + \alpha F_1) + \\ \quad zI + B_1 + K_1 - H_1 - S_1 - I] \\ F(Z) = \frac{dz}{dt} = z(1-z)\{x[y(1-r)M + Q_2 + \\ \quad \alpha F_2] - yI + B_2 + K_2 - H_2 - S_2 + I\} \end{cases} \tag{13}$$

通过对业主—全咨企业—总承包单位的复制动态方程求偏导,得到雅可比矩阵,解出每个均衡点的特征值,判断该系统的渐近稳定性^[13,14]。雅可比矩阵 J 为:

$$\begin{pmatrix} (1-2x)[C+\alpha(F_1+F_2)-y\alpha F_1-z\alpha F_2-yz M-J] & x(x-1)(zM+\alpha F_1) & x(x-1)(yM+\alpha F_2) \\ y(1-y)(zM-Q_1-\alpha F_1) & (1-2y)[xz(rM+Q_1+\alpha F_1)+zI+B_1+K_1-H_1-S_1-I] & y(1-y)(rM-I) \\ z(1-z)[y(1-r)M+Q_2+\alpha F_2] & z(z-1)I & (1-2z)(x[y(1-r)M+Q_2+\alpha F_2]-yI+B_2+K_2-H_2-S_2+I) \end{pmatrix}$$

根据演化博弈均衡求解方法,令式(13)为零,求解动态平衡点^[15,16],得到并只需讨论 8 个特殊均衡点, $E1(0,0,0),E2(0,0,1),E3(1,0,0),E4(0,1,0),E5(1,1,0),E6(1,0,1),E7(0,1,1),E8(1,1,1)$ 。

根据演化博弈论可知,只有当雅可比矩阵中所有特征值都为负时,该均衡点为该系统的演化稳定点。将 8 个特殊均衡点分别代入雅可比矩阵中,得到相应的特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$,如表 2 所示。

表 2 博弈系统各均衡点特征值

均衡点	特征值		
	λ_1	λ_2	λ_3
$E1(0,0,0)$	$C+\alpha(F_1+F_2)-J$	$B_1+K_1-H_1-S_1-I$	$B_2+K_2-H_2-S_2+I$
$E2(0,0,1)$	$C+\alpha F_1-J$	$B_1+K_1-H_1-S_1$	$H_2+S_2-B_2-K_2-I$
$E3(1,0,0)$	$J-\alpha(F_1+F_2)-C$	$Q_1+\alpha F_1+B_1-H_1-S_1-I$	$Q_2+\alpha F_2+B_2-H_2-S_2+I$
$E4(0,1,0)$	$C+\alpha F_2-J$	$H_1+S_1-I-B_1-K_1$	$B_2+K_2-H_2-S_2$
$E5(1,1,0)$	$J-\alpha F_2-C$	$S_1+I-Q_1-\alpha F_1-B_1+H_1$	$(1-r)M+Q_2+\alpha F_2+B_2+K_2-H_2-S_2$
$E6(1,0,1)$	$J-\alpha F_1-C$	$rM+Q_1+\alpha F_1+B_1-H_1-S_1$	$H_2+S_2-Q_2-\alpha F_2-B_2-K_2-I$
$E7(0,1,1)$	$C-M-J$	$H_1+S_1-B_1-K_1$	$H_2+S_2-B_2-K_2$
$E8(1,1,1)$	$M+J-C$	$H_1+S_1-rM-Q_1-\alpha F_1-B_1$	$H_2+S_2-(1-r)M-Q_2-\alpha F_2-B_2$

根据李雅普诺夫判别法^[17]可知,当雅可比矩阵的所有特征值小于零时,该均衡点为渐进稳定点;当雅可比矩阵中特征值 λ 存在有正有负时,该均衡点为不稳定点。由表 2 可知,8 个均衡点在满足全部特征值小于零的条件下均可能成为渐进稳定点。

4 数值仿真

4.1 演化路径分析

本文采用 MATLAB 软件进行仿真模拟,由上述稳定性条件结合表 2 相关情形,针对情形 7 的条件即 $C < M + J, H_1 + S_1 - B_1 - K_1 < 0, H_2 + S_2 - B_2 - K_2 < 0$ 进行详细分析,期望系统演化向{消极监管,积极监督,规范施工}发展。考虑到该情形的约束条件与现实条件的基础上,参数初始取值为 $Q_1=5, Q_2=6, H_1=4, H_2=7, B_1=6, B_2=9, J=4, M=4, S_1=3, S_2=4, K_1=4, K_2=5, F_1=4, F_2=5, I=3, C=5, \alpha=0.5, r=0.6$;业主监管,全咨企业,工程总承包单位初始策略选择的概率 $x=y=z=0.5$,对系统进行仿真演化如图 5 所示。

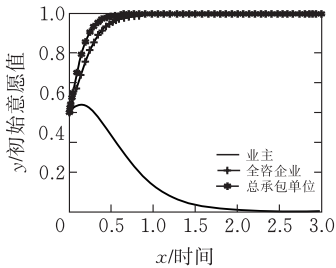


图 5 业主-全咨企业-总承包单位博弈系统演化路径

由图 5 可知,当业主的监管成本和奖励成本大于积极监管减少的自身损失值时,业主趋向于消极监管;全咨企业消极监管的额外收益小于其积极监

管时的正常收益时,选择积极监管策略,反之则会接受总承包单位贿赂,即产生合谋现象;同理,当投机收益小于规范施工时的收益时,总承包单位选择规范施工策略,反之则选择不规范施工,不规范施工投机收益高,一旦出现此种情况则可能出现总承包单位贿赂全咨企业的现象,因此业主应该尽力降低总承包单位的投机收益,避免贿赂现象。由此可知满足上述条件时,三方博弈系统演化路径{消极监管,积极监督,规范施工}为其稳定演化策略。

4.2 业主行为对演化结果的影响

1)监管力度对全咨企业和总承包单位的演化影响

业主初始监管强度 $\alpha=0.5$,在其他参数不变的情况下,将业主的监管强度逐步递增至 $\alpha=0.7, \alpha=0.9$,从而研究监管力度对两方主体策略演化的影响。

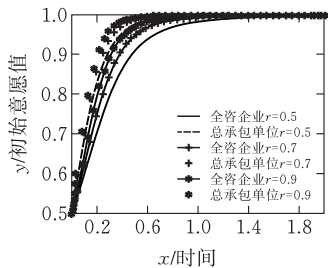


图 6 α 变化对主体演化策略的影响

由图 6 可知,业主监管强度改变没有影响全咨企业和总承包单位策略选择的演化趋势,两者的选择正向工作的概率均由 0.5 逐渐趋向于 1,说明业主对企业的监管力度越大,全咨企业选择积极监督策略的速度越快,全咨企业越倾向于积极监督,总承包单位也就更倾向于规范施工,因此加大监管力度降

低了合谋发生的概率。

2)激励池规模对全咨企业和总承包单位的演化影响

激励池规模初始值为 $M=4$,在其他参数不变的情况下,将激励池规模设置逐步递增到 $M=6,M=8$;全咨企业在激励池中的比例初始值为 $r=0.5$,在其他参数不变的情况下,将全咨企业在激励池中的比例逐步递增为 $r=0.7,r=0.9$,从而研究 M 和 r 变化对主体策略演化的影响。

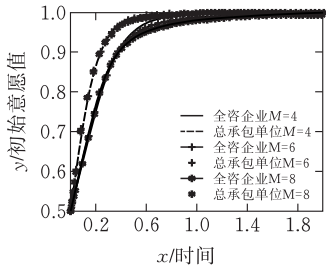


图 7 M 变化对主体演化策略的影响

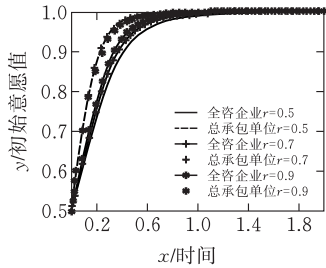


图 8 r 变化对主体演化策略的影响

由图 7 可知,激励池设置在项目初期加快了全咨企业趋向于积极监督的速率,但随时间推移,扩大激励池规模非但没有激励全咨企业,反而起负作用,即延长了全咨企业选择积极监督策略的时间,说明激励池规模应慎重考虑,设置适中;而激励池设置对总承包单位作用不明显。从图 8 中可以观察到,全咨企业在激励池中比例越大,趋向于积极监督的速率越快,反观总承包单位,激励对其影响不大,因此可考虑只对全咨企业进行激励,缩小全咨企业消极监督时的投机收益,刺激其工作积极性,从而杜绝合谋发生。

3)惩罚机制,声誉损失对全咨企业和总承包单位的演化影响

在其余参数不变的情况下,将业主对全咨企业的惩罚值取: $F_1=4,F_1=6,F_1=8$,声誉损失值分别取: $Q_1=5,Q_1=7,Q_1=9$;将业主对总承包单位惩罚值分别取: $F_2=5,F_2=7,F_2=9$,声誉损失值分别取: $Q_2=6,Q_2=8,Q_2=10$,从而研究惩罚力度和声誉损失对主体演化的影响。

由图 9、图 10 可知,惩罚力度和声誉损失均对双方主体策略选择的演化速率有影响,但是声誉损

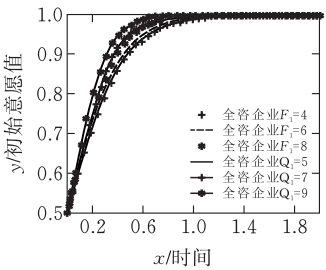


图 9 惩罚力度和声誉损失对全咨企业策略的影响

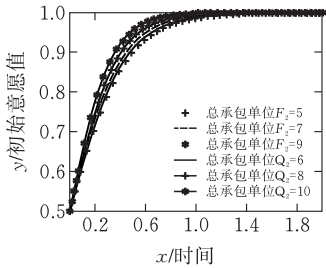


图 10 惩罚力度和声誉损失对总承包单位策略的影响

失对全咨企业和总承包单位的影响更大,一旦企业声誉受损对自身造成的损失是不可挽回的,因此为了自身声誉和长远利益考虑,全咨企业会更倾向于积极监督,避免风险收益,拒绝与总承包单位合谋;同样地,总承包单位会更趋向规范施工,保持自身口碑和企业形象。同样地,业主惩罚力度越大,两方主体越偏向于正向工作,合谋问题就会减少发生,业主的正当利益也就得以保全。

4.3 各方主体初始意愿对演化结果的影响

由复制动态方程可知,博弈系统内某一方演化路径受其他方初始意愿影响,考虑到初始意愿值设定为 $x=y=0.5$ 的单一性,因此有必要研究主体初始意愿值变化对系统演化的影响。将各方的初始意愿值分别取 0.2(弱),0.5,0.8(强),分别研究对各自演化路径的影响。

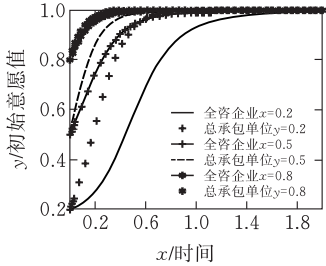


图 11 各方主体初始意愿变化对主体演化策略的影响

由图 11 可知,对于全咨企业和总承包单位来说,各方正向工作的初始意向越强,越不可能发生合谋现象,即全咨企业初始趋向于积极监督,拒绝合谋,总承包单位倾向于规范施工,不采取投机行为,那么合谋现象难以产生。此外,对比总承包单位,全咨企业对于初始意愿的变化更加敏感,因此若全咨企业初始积极监督意愿高,则总承包单位贿赂成功

率降低,合谋概率也随之降低。所以业主若想到降低合谋概率目标的话,须努力提高全咨企业的初始合作意愿,以降低全咨企业与总承包单位发生合谋的可能性。

5 研究结果与建议

本文构建业主—全咨企业—总承包单位三方博弈系统,得出各因素对全咨企业和总承包单位的策略选择影响结果:

1)监管力度变化的影响:全咨企业比总承包单位对监管力度变化更敏感;

2)激励池规模变化的影响:对全咨企业影响较大,对总承包单位几乎无影响;

3)惩罚力度和声誉损失变化的影响:对声誉损失的敏感度比惩罚力度更大,声誉损失是影响两者合谋的强相关因素。

4)各方初始意愿与正向合作策略选择概率成正比相关,与合谋概率成负相关。

建议业主分别针对全咨企业和总承包单位采取如下措施:对全咨企业:需监管得当,利用其专业能力同时辅助部分工作,可在项目关键位置安排人员;可长期雇佣一家综合实力强的全咨企业,使双方信任度更高,利润更可观;设置奖励机制,可按照全咨企业节省投资额予一定比例奖金,激励其积极工作。对总承包单位:需严格监管项目前期实施阶段,尤其是设备材料采购及隐蔽项目等施工活动;承包合同中需合理分配项目风险,保证总承包单位合理利润;设置惩罚机制,尤其增强对偷工减料的惩罚,以警醒总承包单位。

[参 考 文 献]

[1] 国务院办公厅.国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见[J]. 建筑设计管理, 2017,34(04):26-28.

[2] 孙继德,傅家雯,刘姝宏. 工程总承包和全过程工程咨询的结合探讨[J]. 建筑经济, 2018,39(12):5-9.

[3] 巨志剑,师永健,刘涛,等. 全过程工程咨询之实践与思考[J]. 建筑经济, 2020,41(06):22-28.

[4] 李巍,王华林,张瞻. 设计院开展全过程工程咨询和工程总承包问题研究[J]. 建筑设计管理, 2019,36

(07):33-39.

[5] 周翠. 监理企业发展全过程工程咨询业务的关键技术探索[J]. 建筑经济, 2020,41(07):18-23.

[6] LINDA F,CHRISTABEL HO, VINCENT NG. A study of quantity surveyors' ethical behavior[J].Construction Management and Economics, 2001, 19:19-36.

[7] 谢识予. 经济博弈论[M]. 上海:复旦大学出版社, 2002:233-273.

[8] 聂丽,张利江. 政府与排污企业在绿色技术创新中的演化博弈分析与仿真[J]. 经济问题, 2019(10):79-86.

[9] 陈伟珂,王龙生,孙维伟. 我国工程造价咨询执业保险市场均衡分析——基于演化博弈理论[J]. 保险研究, 2017(09):53-64.

[10] 王薇,张守健,孙智. 基于演化博弈的工程建设标准采纳行为研究[J]. 科技管理研究, 2018,38(20):243-248.

[11] 霍正刚,徐益,周振国. 政府规制下装配式建筑产业发展的演化博弈分析[J]. 扬州大学学报(自然科学版), 2020,23(05):1-8.

[12] LIU K, LIU Y, ZHOU H, et al. Evolutionary game and numerical simulation of participants' collaborative behavior in integrated project delivery project[J]. Alexandria Engineering Journal, 2021,60(1):373-385.

[13] 蒋学海,李美枫,牛文娟. 基于寻租理论的工程项目主体三方博弈分析[J]. 工程管理学报, 2016,30(06):106-111.

[14] 张志远,齐天贺. 基于三方演化博弈视角下的国家审计风险研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2020,60(04):128-139.

[15] 金占勇,邱宵慧,孙金颖,等. 基于三方博弈的装配式建筑发展经济激励研究[J]. 建筑经济, 2020,41(01):22-28.

[16] YI G, YANG G. Research on the tripartite evolutionary game of public participation in the facility location of hazardous materials logistics from the perspective of NIMBY events[J]. Sustainable Cities and Society, 2021,72:103017.

[17] 李健,薛程. 政府约束机制下环境质量监管三方演化博弈分析及仿真研究[J]. 工业技术经济, 2019,38(04):58-66.