

• 卫生管理 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.21.032

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220909.0949.006.html\(2022-09-09\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220909.0949.006.html(2022-09-09))

医院信息系统外包项目监管的博弈模型研究*

冉晓兰,胡磊[△],刘兴建,李然康

(重庆医科大学附属第一医院信息中心 400016)

[摘要] 分析医院与外包公司在医院信息系统外包项目中的策略选择,通过演化博弈理论,建立医院监管策略与外包公司努力行为的收益矩阵及动态演化博弈模型,研究双方在决策中的复制动态和进化稳定性,探寻高效的监管机制,以提高医院的整体效率,解决目前项目中存在的双方沟通不畅,服务质量缺乏有效监管等问题。结果发现监管要达到稳定策略状态(积极监管,努力),与外包公司选择努力策略时的得益增量、医院选择积极监管的成本和外包公司选择不努力行为后向医院支付的罚金有关。研究探讨了更为有效的医院信息系统外包项目的监管机制,为我国医院信息系统外包项目的相关研究提供理论依据。

[关键词] 医院信息系统;外包项目;监管;演化博弈**[中图法分类号]** C931.3**[文献标识码]** B**[文章编号]** 1671-8348(2022)22-3765-06

医院信息系统是医院后勤服务最典型的外包项目,医院对项目的有效监管体现着医院现代化管理的水平^[1-2]。然而,信息不对称、不确定性风险多等因素会导致项目的服务质量降低^[3]。因此,医院如何进行有效监管以发挥其最大价值,是医院后勤服务管理机制的关键。目前,博弈视角下的医院监管机制研究较为缺乏,本研究通过构建医院监管策略和信息系统外包公司努力行为的演化博弈模型,分析双方在决策中的策略选择和演化稳定性,以探讨医院对外包公司有效的监管机制。

1 医院信息系统外包项目监管现状

医院与信息外包公司对于信息系统技术知识掌握的不对称性,使医院监管的难度大大增加。业务外包后外包公司工作人员在日常业务工作中会接触到大量医疗信息,这会使医疗信息外泄的风险提升^[4-5]。外包公司提供的服务质量能否达到促进医院更好地服务患者就医的初衷,促进医院信息化的发展更具不确定性^[6-7]。所以,医院有必要加强对外包公司的服务质量的监管,优化相关的监管制度,做到为患者提供良好的服务,让医务人员满意。不断完善管理理念,不断改进提高效率,只有提高患者、医务人员的满意度,后勤保障本身的价值才能得以体现^[8]。如何形成外包公司自我管理、医院有效监管相互作用的监管机制,提高医疗服务质量,切实维护公众利益,成为当前医院信息系统外包项目在发展的过程中的重要议题。

与其他外包项目相比,医院信息系统外包具有一定的特殊性,因为医院是医疗卫生事业的提供者、监

管者及主要参与者^[9]。医院的有效监管是促进外包公司在项目中付出努力的主要动力之一。在医院信息系统外包项目中,医院的主要目标是提升效率及为患者提供更优质的服务,而外包公司则是想实现自己利益的最大化,所以,医院和外包公司的目标存在差异,会导致不同的策略选择^[10]。在博弈过程中,医院与外包公司会根据对方策略选择,不断改进自己的策略以实现自己的主要目标,即自身利益最大化^[11]。例如,医院在可以为了提高服务效率、保护患者利益选择有效监管,一旦发现外包公司有不努力行为则进行惩罚,外包公司可以选择花费较高的成本付出努力以避免受到惩罚而带来更大的利益损失;也可以选择投机行为而不努力,在这种情况下,医院一旦发现便可能会收取罚金。医院收取罚金的行为让外包公司认为被发现后的损失比提供努力行为的成本更大时,从而就会改变外包公司最开始投机的策略选择^[12]。因此,有必要构建医院监管策略与外包公司努力行为演化博弈模型,分析医院和外包公司双方的复制动态和进化稳定性,研究医院与外包公司两博弈方的动态选择过程及演化稳定性,为优化医院信息系统外包项目监管制度提供建议。

2 演化博弈理论

传统的博弈论是指在各博弈主体具有完全理性,完全掌握信息的条件下进行策略选择,通过分析各不同策略得益来计算最佳方案,最后达到均衡。而演化博弈理论是在传统博弈论的基础上,综合考虑各种环境因素的影响,将博弈与变化因素紧密结合的一种动态博弈,博弈主体会充分考虑前一个主体所选择策略带

* 基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目(2021MSXM147)。

作者简介:冉晓兰(1996—),助理工程师,硕士,主要从事医院信息化管理

研究。△ 通信作者,E-mail:hu.lei_sy@163.com。

来的影响,再选择能使自己利益最大化的策略,各主体反复衡量自身利益来进行策略选择,直到双方策略趋于稳定。其有限理性与信息不对称的情况更加符合实际博弈环境,也更具有实用性。在医院信息系统外包项目的监管中,医院和外包公司都是理性有限的个体。同时,外包公司是信息系统的建设者和信息服务提供者,它直接参与项目的各项细节,会拥有比医院更多的信息,这就导致了双方信息不对称。在博弈中,医院趋向于为患者提供更好的就诊服务,而外包公司趋向于获得更多的利益,双方的目标存在差异就很难得到最优策略,需要根据实际情况不断地调整,所以动态的演化博弈理论适合用来建立和分析医院信息系统外包项目的监管模型。

3 医院信息系统外包项目监管的博弈模型

3.1 模型假设及符号定义

假设 1:本文以医院和外包公司作为博弈的参与方,将医院信息系统外包项目中的每一个医院看作医院群体,每一个外包公司看作外包公司群体。博弈的参与主体均为有限理性人。医院的策略集合为(积极监管,消极监管),外包公司的策略集合为(努力,不努力)。博弈模型以医院和外包公司增加的收益作为函数。假设 2:假设医院选择积极监管的概率为 x ($0 \sim 1$),选择消极监管的概率为 $1-x$ 。医院选择积极监管需要付出的成本为 C_1 ,消极监管则不需要成本。当医院选择积极监管的时候,可以发现外包公司的不努力行为,一旦外包公司做出不努力行为被医院的积极监管发现,将向医院支付罚金 f 。当医院选择消极监管的时候,医院整体服务水平降低,其信誉也会受到一定的影响 R 。假设 3:外包公司选择努力的概率为 y ($0 \sim 1$),选择不努力的概率为 $1-y$ 。外包公司选择努力需要付出努力成本为 C_2 ,外包公司在项目中付出努力后才可以节约项目的成本和提高项目的收益,令 S 代表外包公司付出努力后整体增加的效用——即节约的成本和提高的收益。外包公司选择努力时,会得到按整体收益的比例 C 的分红。然而,外包公司为了追求自身的利益最大化,可能会选择不努力,选择不努力行为的成本是 C_3 ($C_3 < C_2$),当外包公司不努力时项目出现的损失为 P ,此时外包公司应对项目的损失负一定的责任,按损失的比例 C 进行赔付。见表 1。

表 1 医院信息系统外包项目监管模型的符号定义		
博弈主体	符号	含义
医院	S	外包公司付出努力后项目增加的效用即整体的收益
	C_1	医院选择积极监管的成本
	R	医院选择消极监管后的信誉损失
外包公司	C_2	外包公司选择努力行为的成本
	C_3	外包公司选择不努力行为的成本

续表 1 医院信息系统外包项目监管模型的符号定义		
博弈主体	符号	含义
	θ	外包公司在项目收益或损失时奖金或赔付的比例
	P	外包公司不努力时项目出现的损失
	f	外包公司选择不努力行为后向医院支付的罚金

3.2 模型的建立与分析

根据上面的假设,医院和外包公司会因其不同的利益追求而进行演化博弈,通过分析双方不同的行为决策,可以得到博弈树如图 1。根据各种情况的收益值计算及博弈分析,可以得到医院和外包公司博弈的收益矩阵,见表 2。

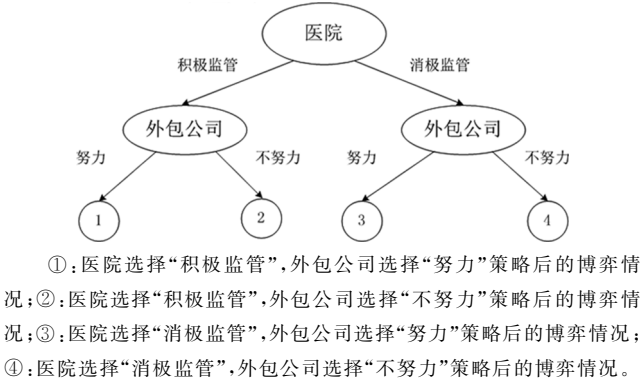


图 1 医院和外包公司演化博弈的博弈树

表 2 医院和外包公司演化博弈的收益矩阵		
策略选择	医院积极监管 x	医院消极监管 $1-x$
外包公司努力 y	$\theta S-C_2, S-C_1$	$\theta S-C_2, S-R$
外包公司不努力 $1-y$	$-C_3-\theta P-f, f-C_1-P$	$-C_3-\theta P, -P$

基于演化博弈理论,分析医院信息系统外包项目监管模型中医院的期望收益。

当医院采取积极监管策略时,医院的预期收益为:

$$A_1 = y(S-C_1) + (1-y)(f-C_1-P) \tag{1}$$

当医院采取消极监管策略时,医院的预期收益为:

$$A_2 = yS-R + (1-y)(-P) \tag{2}$$

则有,医院的总体期望得益为:

$$A = xA_1 + (1-x)A_2 \tag{3}$$

基于演化博弈理论,医院的复制动态方程为:

$$F(x) = dx/dt = x(A_1 - A) = x(1-x)[f-C_1 + yR - f] \tag{4}$$

其中, t 指博弈过程中的时间推移;后文 t 的意义相同。

同理,对外包公司的期望收益进行分析。

当外包公司采取努力策略时,外包公司的预期收益为:

$$B_1 = x(\theta S - C_2) + (1-x)(\theta S - C_2) \tag{5}$$

当外包公司采取不努力策略时,外包公司的预期收益为:

B2=x(-C3-θP-f)+(1-x)(-C3-θP) (6)

那么,外包公司的总体期望得益为:

B=yB1+(1-y)B2 (7)

基于演化博弈理论,外包公司的复制动态方程为:

F(y)=dy/dt=y(B1-B)=y(1-y)[θS+P-C2+C3+xf] (8)

令 F(x)=0,F(y)=0,求解医院和外包公司的复制动态方程,可以得到均衡点:(0,0),(0,1),(1,0),(1,1)和(x*,y*),其中 x*=[C2-θ(S+P)-C3]/f,y*=(f-C1)/(R-f)。

基于复制动态原理,在有限理性的博弈中,结果比平均水平好的行为会容易被选择,那么博弈方选择这种行为的比例将会逐步改变,最终会朝着一个方向演化。上述方程求解出来 x*=[C2-θ(S+P)-C3]/f,C2-θ(S+P)-C3 当中的 θS-C2 表示外包公司在选择努力策略时的收益值,θP+C3 表示选择不努力策略时的损失值。由于博弈双方都是有限理性的,事先外包公司并不知道医院是否会积极监管,也不知道自己是否会受到惩罚。博弈方的策略选择并不是以某单一的行为得益为依据,而是考虑各种策略组合带来的整体效益。所以,C2-θ(S+P)-C3 可以理解为外包公司选择努力策略带来的得益增量。即,若外包公司选择努力所付出的成本 C2=10,带来的整体效益 θS=6;若外包公司选择不努力,会给整体造成 θP+C3=8 的损失,那么总的来看,选择努力会带来 4 的得益增量。则外包公司若单单因为努力成本比不努力带来的损失大而选择不努力,就无法拥有得益增量。

4 结 果

4.1 模型结果分析

通过上述复制动态方程可计算出博弈的雅可比矩阵:

J=[(∂F(x)/∂F(y))/(∂x)] = [a11 a12; a21 a22] (9)

其中:

{a11=(1-2x)[(f-C1)+y(R-f)] a12=-x(1-x)f a21=y(1-y)f a22=(1-2y)[C2-θ(S+P)-C3+xf] (10)

则博弈模型 5 个稳定点的取值情况见表 3。

表 3 中 D =

[C2-θ(S+P)-C3+f]2-[C2-θ(S+P)-C3+f]f, E= f [(R+C1)(f-C1)] / (R-f)2, 分别表示稳定点为(x,y)时雅可比

矩阵中 a12 和 a21 的取值。

表 3 稳定点的取值

稳定点	a11	a12	a21	a22
(0,0)	f-C1	0	0	C2-θ(S+P)-C3
(0,1)	R-C1	0	0	-[C2-θ(S+P)-C3]
(1,0)	-f+C1	0	0	C2-θ(S+P)-C3+f
(1,1)	C1-R	0	0	-[C2-θ(S+P)-C3+f]
(x,y)	0	D	E	0

由雅可比矩阵的要求可知,上述 5 个稳定点中,由于(x,y)时雅可比矩阵中 a11+a22=0,则点(x,y)不是稳定策略点。要使雅可比矩阵达到稳定状态,必须要满足矩阵的行列式大于 0,即 det J=a11a22-a12a21>0;矩阵的迹小于 0,即 tr J=a11+a22<0。根据表 3 的参数,通过讨论取值,寻求稳定策略点。

4.2 参数讨论与数值仿真

(1)当外包公司选择努力策略时,得益增量为正,那么外包公司会认为通过努力会有得益。

①C1>f>0,θ(S+P)-C2+C3>0,稳定点的变化情况见表 4。

表 4 C1>f>0,θ(S+P)-C2+C3>0 稳定点的变化情况

稳定点	a11	a12	a21	a22	det J	tr J	稳定性
(0,0)	-	0	0	+	-	不确定	鞍点
(0,1)	-	0	0	-	+	-	ESS
(1,0)	+	0	0	+	+	+	不稳定点
(1,1)	+	0	0	-	-	不确定	鞍点

“+”和“-”分别代表“正”“负”;ESS:博弈中的稳定策略点;鞍点代表一个方向是稳定的,另一个方向不稳定。

用 Matlab 得到该演化博弈中,医院和外包公司的演化趋势见图 2。当医院选择积极监管的成本大于发现外包公司不努力所得到的罚金;外包公司选择努力策略带来的得益增量为正时,博弈的稳定策略点为(0,1),外包公司将趋向于努力策略,医院将趋向于消极监管策略。

②f>C1>0,θ(S+P)-C2+C3>0,稳定点的变化情况见表 5。

在此种情况下,医院和外包公司的演化趋势见图 3。当医院选择积极监管的成本小于发现外包公司不努力所得到的罚金;外包公司选择努力策略带来的得益增量为正时,博弈的稳定策略点为(1,1),外包公司将趋向于努力策略,医院将趋向于积极监管策略,此时外包公司选择努力 θP+C3=0,成本能与罚金的比值满足 C1/f>R/(θS-C2)。

表 5 $f > C_1 > 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 > 0$ 稳定点的变化情况

稳定点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	$det J$	$tr J$	稳定性
(0, 0)	+	0	0	+	+	+	不稳定点
(0, 1)	-	0	0	-	-	不确定	鞍点
(1, 0)	-	0	0	+	-	不确定	鞍点
(1, 1)	+	0	0	-	+	-	ESS

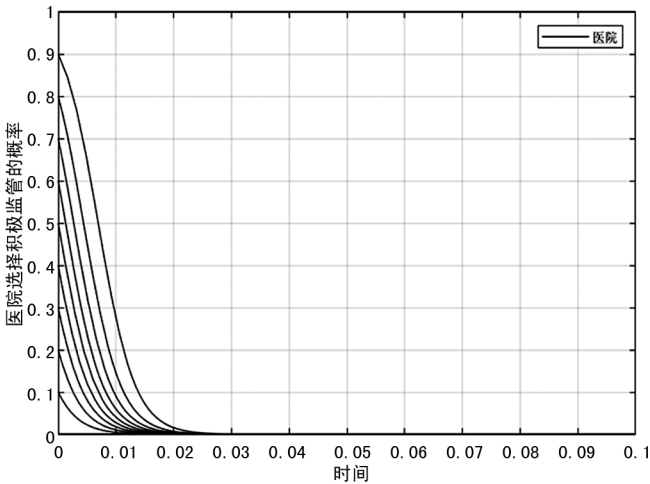
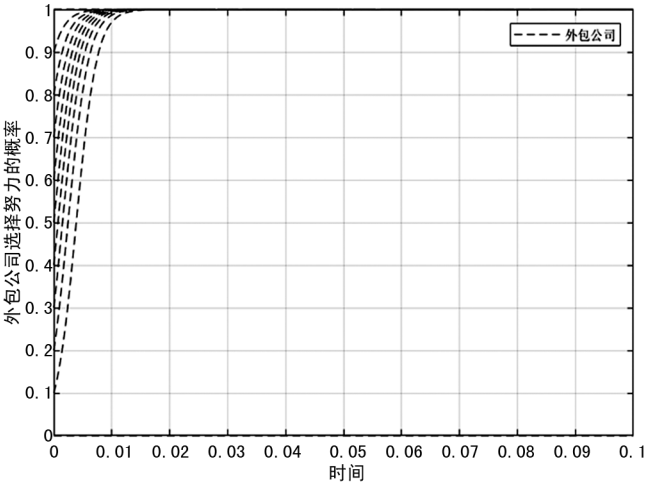


图 2 外包公司和医院的演化趋势 ($C_1 > f > 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 < 0$ 时)

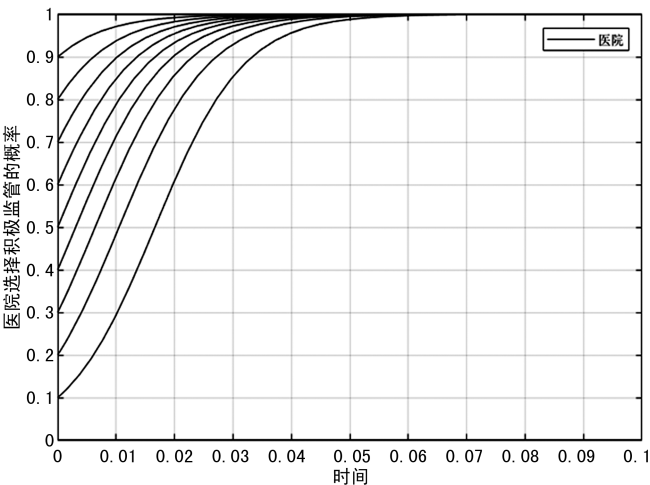
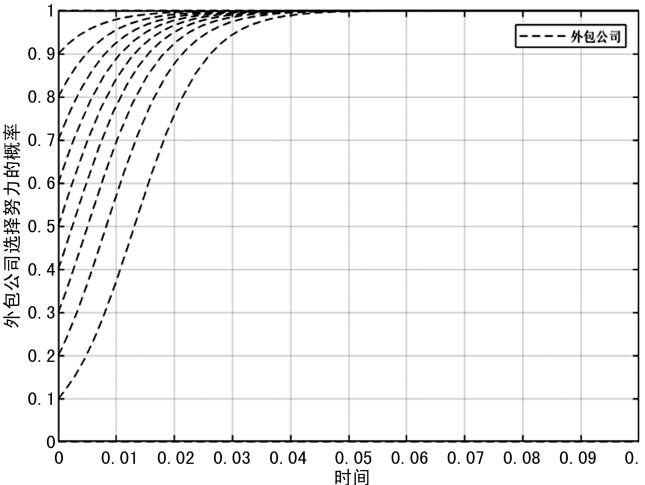


图 3 外包公司和医院的演化趋势 ($f > C_2 > 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 > 0$ 时)

(3) 当 $\theta(S + P) - C_2 + C_3$ 为负, 若外包公司在选择不努力行为后向医院支付的罚金 f 比自己付出努力后的亏损还大, 即 $\theta(S + P) - C_2 + C_3 < 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 + f > 0$ 时。

① 当 $C_1 > f > 0$, 此时稳定点的变化情况见表 7。

表 6 $C_1 > f > 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 < 0$ 稳定点的变化情况

稳定点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	$det J$	$tr J$	稳定性
(0, 0)	-	0	0	-	-	+	-
(0, 1)	-	0	0	+	+	-	-
(1, 0)	+	0	0	不确定	不确定	不确定	-
(1, 1)	+	0	0	不确定	不确定	不确定	-

(2) 当外包公司选择努力策略带来的得益增量为负, 即外包公司认为努力不会有得益时。

① $C_1 > f > 0, \theta(S + p) - C_2 + C_3 < 0$, 稳定点的变化情况见表 6。

在此种情况下, $C_2 - \theta \times (S + P) - C_3 + f$ 的值无法确定, $det J$ 和 $tr J$ 也不能确定, 此时外包公司会犹豫是否选择努力策略, 这时不存在稳定策略点。

4. 当医院选择积极监管的成本大于发现外包公司不努力所得到的罚金; 外包公司选择努力策略带来的得益增量为负; 并且若外包公司在选择不努力行为后向医院支付的罚金比自己付出努力后的亏损还大时。博弈的稳定策略点为 (0, 1), 外包公司将缓慢地趋向于努力策略, 医院将趋向于消极监管策略。

表 7 $C_1 > f > 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 < 0, \theta(S + P) - C_2 + C_3 + f > 0$ 稳定点的变化情况

稳定点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	$det J$	$tr J$	稳定性
(0, 0)	-	0	0	-	-	不确定	鞍点
(0, 1)	-	0	0	+	+	-	ESS
(1, 0)	+	0	0	+	+	+	不稳定点
(1, 1)	+	0	0	-	-	不确定	鞍点

在此种情况下, 医院和外包公司的演化趋势见图

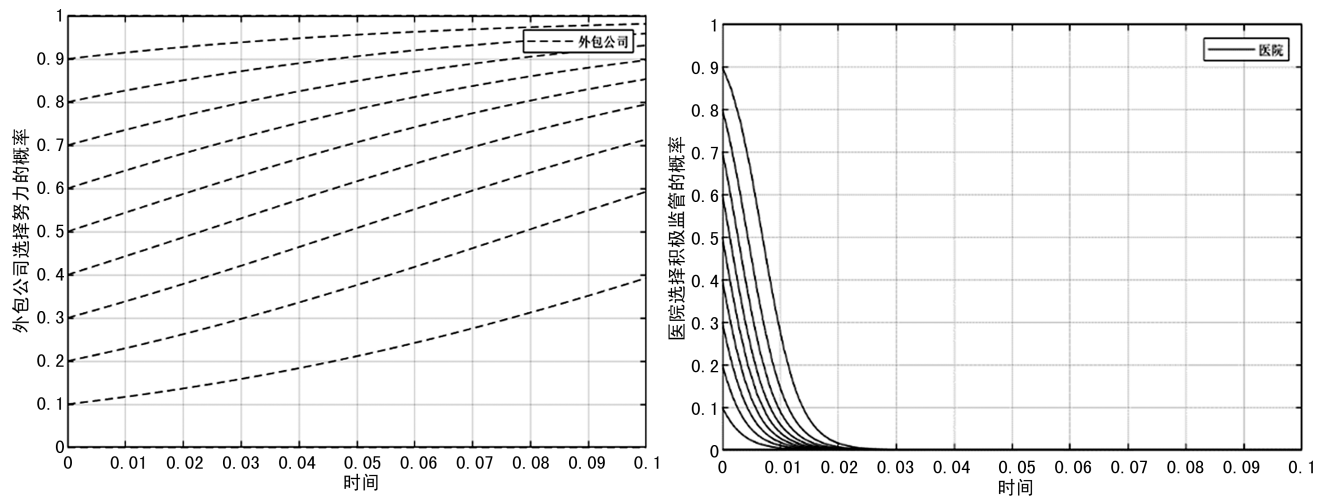


图4 外包公司和医院的演化趋势($f > C_1 > 0, \theta(S+P) - C_2 + C_3 < 0, \theta(S+P) - C_2 + C_3 + f > 0$ 时)

②当 $f > C_1 > 0$ 时,稳定点的变化情况见表8。

稳定点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	$det J$	$tr J$	稳定性
(0, 0)	+	0	0	-	-	不确定	鞍点
(0, 1)	-	0	0	+	-	不确定	鞍点
(1, 0)	-	0	0	+	-	不确定	鞍点
(1, 1)	+	0	0	-	-	不确定	鞍点

况见表9。

稳定点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	$det J$	$tr J$	稳定性
(0, 0)	-	0	0	-	+	-	ESS
(0, 1)	-	0	0	+	-	不确定	鞍点
(1, 0)	+	0	0	-	-	不确定	鞍点
(1, 1)	+	0	0	+	-	+	不稳定点

在此种情况下,医院和外包公司的博弈不存在稳定策略点。

(4)当外包公司选择努力策略带来的得益增量为负,若外包公司在选择不努力行为后向医院支付的罚金比自己付出努力后的亏损还要小,即 $\theta(S+P) - C_2 + C_3 < 0, \theta(S+P) - C_2 + C_3 + f > 0$ 。

①当 $C_1 > f > 0, A + f < 0$,此时稳定点的变化情

在此种情况下,医院和外包公司的演化趋势见图5。当医院选择积极监管的成本大于发现外包公司不努力所得到的罚金;外包公司选择努力策略带来的得益增量为负;并且若外包公司在选择不努力行为后向医院支付的罚金比自己付出努力后的亏损要小时,博弈的稳定策略点为(0, 0),外包公司将缓慢地趋向于不努力策略,医院将趋向于消极监管策略。

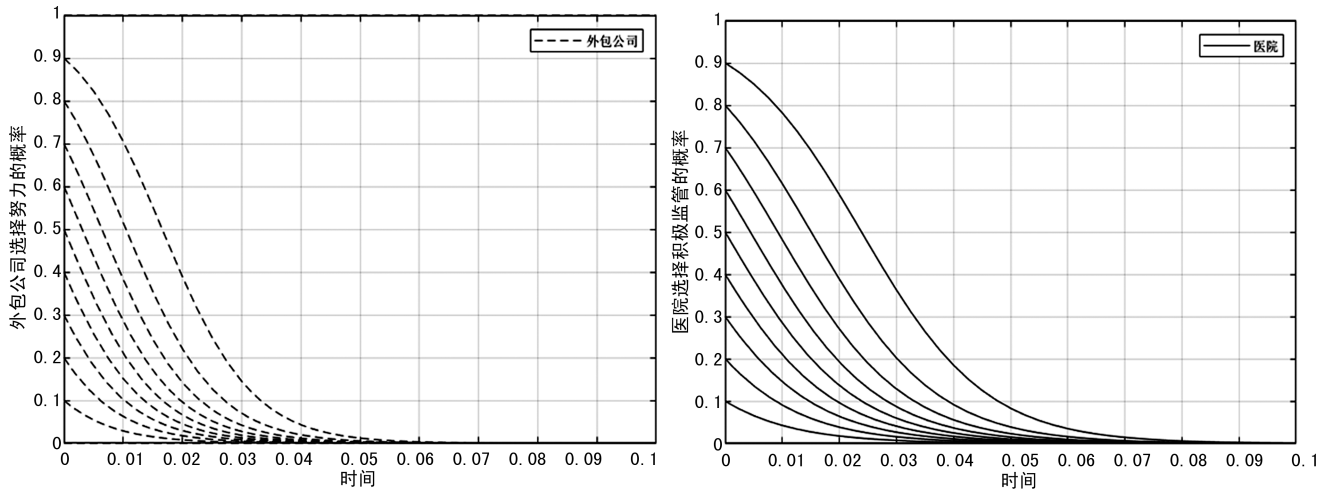


图5 外包公司和医院的演化趋势($C_1 > f > 0, \theta(S+P) - C_2 + C_3 < 0, \theta(S+P) - C_2 + C_3 + f > 0$ 时)

4.3 模型结论

本文主要是研究医院信息系统外包项目监管模

型,博弈的参与主体是医院和外包公司。通过构建医院和外包公司双方的演化博弈模型,分析不同条件下监管博弈模型的演化规律和最终演化结果,为医院如何制定监管机制提供了参考。通过对各参数的分析,得出以下结论:(1)在医院和外包公司的双方监管模型中,当医院消极监管时,外包公司会大概率选择不努力策略,监管模型要达到稳定策略状态(积极监管,努力),与外包公司选择努力策略时的得益增量、医院选择积极监管的成本和外包公司选择不努力行为后向医院支付的罚金有关。(2)当外包公司选择努力策略带来的得益增量为正,医院选择积极监管的成本大于发现外包公司不努力所得到的罚金,即 $\frac{C_1}{f} > \frac{R}{\theta S - C_2}$ 时,博弈将达到稳定状态,外包公司将趋向于努力策略,医院将趋向于有效监管策略。

5 讨 论

医院后勤外包是提高服务效率、提高患者就诊质量的有效方式,其高质量服务需建立在医院的有效监管上。然而,医院对外包公司的监管存在诸多挑战:信息不对称、不确定性因素多、管理机制不完善等。所以,探寻有效的监管机制是促进医院高质量发展的重要节点。

医院外包项目的现有研究主要集中在风险因素分析^[1]、监管的重要性^[2-3]等方面,较少考虑医院和外包公司之间行为选择的影响程度。本研究通过博弈模型的建立与数值仿真清晰地展示了医院和外包公司在监管博弈中不同参数下的策略选择与演化规律,也有效地说明了综合考虑所选策略的整体效益使得得益增量 >0 ,医院选择积极监管的成本与外包公司不努力所得到的罚金的比值满足 $\frac{C_1}{f} > \frac{R}{\theta S - C_2}$ 时,医院信息系统外包项目能够达到(有效监管,努力)的双赢策略。

本研究致力于寻找有效的监管模式,但运用演化博弈理论分析双方的博弈规律具有一定的局限性。在模型构建和博弈参数建模时,从复杂的实践中总结出有代表性的部分来进行简化假设,然而实际情况更具不确定性。在今后进行深入拓展分析时,应在本研究的基础上增加考虑因素,适当丰富假设内容,考虑行为主体更多可能会出现的行为决策和影响因素,建

立更完善更接近现实情况的监督管理模型,以便于探寻较为全面的监管机制。

参考文献

[1] 胡磊,石芸. 医院信息系统外包的风险分析[J]. 重庆医学,2011,40(16):1625-1626,1638.

[2] 杨颖,黄莹,陈婧. 医院外包项目监管体系建设实践与探索[J]. 中华医院管理杂志,2021,37(4):346-349.

[3] 邓敏,王长青,陈娜. 不完全信息下公立医院多元外部监管体系研究[J]. 中国医院管理,2016,36(8):20-22.

[4] 王长青,陈娜. 公立医院外部监管的多重博弈模型及改革启示[J]. 中国卫生事业管理,2015,32(12):884-886.

[5] 叶华,陈群基. 医院后勤服务外包之风险管理初探[J]. 中华医院管理杂志,2015,31(9):711-712.

[6] 殷程程,张会会,王岚,等. 基于博弈理论的民营医院监管策略的研究[J]. 中国卫生事业管理,2015,32(2):127-128,154.

[7] 方子,谢俏丽,张凤帆,等. 我国现代医院管理制度中的运行监管与行业监管策略[J]. 中国医院管理,2015,35(1):7-9.

[8] 余平,祝芳芳,戴智敏. 公立医院后勤外包风险控制策略研究:从医院内部审计的角度[J]. 卫生经济研究,2021,38(9):77-79.

[9] 张强,王丽亚,耿娜,等. 政府监管下的医院医疗信息分享演化博弈分析[J]. 运筹与管理,2020,29(1):23-31.

[10] 曲倩. 提升医院后勤外包服务时效性的审计对策研究[J]. 产业与科技论坛,2019,18(24):221-222.

[11] 李成雷. 审计视角下公立医院后勤社会化管理问题研究[J]. 审计与理财,2020(1):14-16.

[12] 张博,黄金石. 医院后勤社会化服务外包风险及对策[J]. 江苏卫生事业管理,2019,30(5):644-646.