

# 网络组织信息共享的演化博弈研究

吴慧欣<sup>1</sup>,董海祥<sup>1</sup>,张强<sup>2</sup>

WU Hui-xin<sup>1</sup>,DONG Hai-xiang<sup>1</sup>,ZHANG Qiang<sup>2</sup>

1.华北水利水电学院 信息工程学院,郑州 450011

2.西安理工大学 管理学院,西安 710048

1.Department of Information Engineering, North China University of Water Conservancy & Electric Power, Zhengzhou 450011, China

2.School of Business Administration, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China

E-mail: wuhuixin2001@tom.com

**WU Hui-xin, DONG Hai-xiang, ZHANG Qiang. Evolutionary game analysis of information-sharing mechanism in network organization. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(16): 232-234.**

**Abstract:** Based on management systems engineering theory, network organization is self-determination, dynamic, economic and expandable system. In view of the current limitations in studying information-sharing of network organization by the micro, static methods etc, the paper establishes the evolutionary game model of information-sharing in network organization based on the view of evolutionary game theory, and analyzes its dynamic evolutionary procedure. The results show that the system's evolutionary direction is closely related to players' payoff, and influenced by system's initial status. Moreover, key factors that affect the system's evolution, cooperation profit, initial cost of the cooperation, differences of information between peer and discount gene of the partners, are obtained and researched.

**Key words:** network organization; information-sharing; evolutionary game

**摘要:**根据管理系统工程理论,网络组织具有自主性、动态性、经济性和可扩展性等特点,针对当前网络组织信息共享研究的微观、静态等局限性,运用演化博弈理论方法,建立了一个网络组织信息共享机制的演化博弈模型,分析了网络信息节点共享的动态演变过程。研究表明,网络组织的演化方向与双方博弈的支付矩阵以及系统初始状态相关,信息共享产生的超额利润、初始成本、网络组织成员服务能力的差异及其贴现因子是影响网络组织信息共享演变的关键因素。

**关键词:**网络组织;信息共享;演化博弈

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.16.067 **文章编号:** 1002-8331(2009)16-0232-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP393.02

经济全球化和信息技术的迅速发展带动了组织外部表象和内部结构的变化,组织不断突破自身界限,向外寻求合作与发展,于是出现了一种新型组织模式——网络组织。由于网络组织主体的自主性、信息及使用者的异构性、信息分配决策的分布性和并行性等特征,使用经济学方法解决网络组织信息资源共享问题成为一个活跃的研究领域,尤其是基于博弈论的信息共享研究已取得了一些成果。孙国强从博弈论的角度对联合制裁机制的内涵、机理及其运用进行了分析<sup>[1]</sup>。卢福财运用博弈论研究了网络组织成员合作的声誉模型分析<sup>[2]</sup>。陈学光基于演化理论,构建了一个关于网络组织形成的动态模型,研究了网络组织内成员间关系和作用机制的形成过程<sup>[3]</sup>。这些研究的局限性在于他们是从微观角度进行分析,而且对组织内信息共享的组织扩展过程研究较少。运用演化博弈理论的思想和方法,把网络组织当作一个“学习”的渐进演化系统,强调其动态性和宏观性,研究对象是网络组织主体,并注重影响系统演化过程

及演化稳定性的重要因素。

## 1 网络组织

网络组织是以信息技术为平台,以独立个体或群体为节点,依靠彼此之间复杂多样的经济联系而形成的有机的组织系统,是一个自组织、多主体和经济性的网络系统。获得网络组织资源或者网络组织利益,通常被认为是网络组织形成的诱因,企业结网的目的,旨在与相关企业的联合,发挥异质技术、信息、管理经验与乘积效应。网络组织主体的网络利益主要体现在:“信息共享”、“战略协同”和“降低交易成本”,其外在表现形式包括虚拟企业、战略联盟、组织网络、企业集团等。

网络组织的基本特征:一是网络组织运行的基础是信息共享。由于信息技术的发展,网络组织有了坚实的物质基础,各主体进行相互学习和交流,实现知识、技能的共享与创新,并获得自身难以获得的资源来创造价值;二是构成网络组织的主体具

**基金项目:**河南省软科学计划研究项目(No.072400421400);华北水利水电学院高层次人才科研启动项目(No.001192)。

**作者简介:**吴慧欣(1978-),男,博士,主要研究方向:复杂系统建模与仿真;董海祥(1975-),男,讲师,主要研究方向:分布式系统建模与仿真;张强(1976-),男,博士研究生,主要研究方向:复杂系统建模与仿真。

**收稿日期:** 2008-03-25

**修回日期:** 2008-06-17

有决策能力,获取网络利益是网络组织形成的诱因,各主体共享网络利益;三是网络组织中各主体的利益决定于各主体的行为;四是网络组织具有动态性、开放性和自学习性。在网络组织中,没有权威的控制,各主体的参与都是依靠自愿的原则,每个主体都希望网络中其他主体提供尽可能多的共享信息,即每个主体都是理性且自私的。整个系统组织就在竞争合作中动态演化,最终使每个参与主体都获得了最大效用,同时网络组织也获得最大的总效用,个体优化和整体优化的相统一,就是网络组织的理想发展方案<sup>[4]</sup>。

## 2 演化博弈模型

演化博弈论是把博弈理论分析和动态演化过程分析结合起来的一种理论。演化博弈论源于生物进化论,它相当成功地解释了生物进化过程中的某些现象,并在分析社会习惯、规范、制度或体制的演化形成及其影响因素等方面,取得了令人瞩目的成绩,并逐渐发展成一个经济学研究的一个新领域<sup>[5]</sup>。

演化博弈的基本思路是:在具有一定规模的博弈群体中,博弈方进行着反复的博弈活动。由于有限理性,博弈方不可能在每一次博弈中都能找到最优的均衡点。于是,他的最佳策略就是模仿和改进过去的最有利战略。演化博弈论研究的对象是一个“种群”,注重分析种群结构的变迁,而不是单个行为个体的效应分析<sup>[6]</sup>。当某个系统中的所有参与者都采取“演化稳定策略”时,那么采用其他策略的个体将无法侵入这个系统,或者说,它将在自然选择的压力下改变策略或退出系统。

在演化博弈论中,核心的概念是“演化稳定策略”(Evolutionary Stable Strategy, ESS)和“复制动态”(Replicator Dynamics)<sup>[7]</sup>。ESS 表示一个种群抵抗变异策略侵入的一种稳定状态,其定义为:

若策略是一个 ESS,当且仅当:

- (1)  $s^*$  构成一个 Nash 均衡;
- (2) 如果  $s^* \neq s$  满足  $u(s^*, s^*) = u(s^*, s)$ , 则有  $u(s^*, s) > u(s, s)$ 。

复制动态实际上是描述某特定策略在一个种群中被采用的频数或频度的动态微分方程。根据演化的原理,一种策略的适应度或支付(Payoff)比种群的平均适应度高,这种策略就会在种群中发展,即适者生存体现在这种策略的增长率  $\frac{1}{X_k} \frac{dX_k}{dt}$

大于零,可以用以下微分方程给出:

$$\frac{1}{x_k} \frac{dx_k}{dt} = [u(k, s) - u(s, s)], k=1, \dots, K$$

其中  $x_k$  为一个种群采用策略  $k$  的比例,  $u(k, s)$  表示采用策略  $k$  时的适应度,  $u(s, s)$  表示平均适应度,  $k$  代表不同的策略。

## 3 网络组织的演化博弈模型

在网络组织中,每个主体既是信息资源提供者,又是信息资源消费者,根据网络中主体的角色不同,假设网络组织在某时间段内,有部分信息提供者与信息获取者进行策略博弈,双方的策略集合都为(共享、不共享),系统通过“物竞天泽,适者生存”的原则自发演化形成,各节点根据其他节点的策略选择,考虑在自身群体中的相对适应性,来选择和调整各自的策略。

网络组织的信息共享过程是在一个具有不确定性和有限理性的空间进行,同时他们之间的策略又是相互影响的。网络组织主体信息共享博弈的支付矩阵结构与捕鹿博弈模型相似。捕鹿博弈是基于 Rousseau 的捕鹿故事提出的,是一个介于“囚徒困境”和协调博弈之间的博弈模型<sup>[8]</sup>。其基本含义是当猎手们捕鹿时都能单打独斗捕到鹿,但是他们一起合作捕鹿时可能会捕到更多的鹿。设网络组织中主体  $k$  ( $k=i, j; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2,$

$\dots, n; n \geq 2$ ), 根据捕鹿博弈的思想,在某一时间段内主体群体  $i$  和主体群体  $j$  分别为信息提供者群和信息消费者群,则两类主体  $Node_i$  和  $Node_j$  在该时间段内的信息互享中收益函数博弈的支付矩阵如表 1 所示。

表 1 博弈双方的支付矩阵

		$Node_j$	
		信息共享	信息不共享
$Node_i$	信息共享	$\pi_i + \Delta S_i, \pi_j + \Delta S_j$	$\pi_i - l_i a_i, \pi_j$
	信息不共享	$\pi_i, \pi_j - l_j a_j$	$\pi_i, \pi_j$

在支付矩阵中,  $\pi_k$  分别表示主体采取信息不共享策略时获得的正常收益,  $\pi_k = \delta_k^{t-1} \Delta S_k$ ,  $\delta_k$  表示网络主体的贴现因子,且  $0 \leq \delta_k < 1$ ;  $\Delta S_i, \Delta S_j$  分别为博弈双方选择共享策略时得到的超额利润:

$$\Delta S_i = r_i a_j - l_i a_i \tag{1}$$

$$\Delta S_j = r_j a_i - l_j a_j \tag{2}$$

$$\Delta S = \Delta S_i + \Delta S_j \tag{3}$$

式(1)和式(2)中  $a_k$  表示主体  $k$  可提供的信息能力,  $r_k$  为收益系数,表示主体  $k$  对其他主体共享信息的利用率,  $r_i a_j$  和  $r_j a_i$  分别为博弈双方选择共享信息策略时得到的超额收益;  $l_k$  为风险系数,表示网络环境对主体  $k$  采取共享信息策略时带来的风险水平,  $l_k a_k$  为主体  $k$  采取共享策略时所付出的初始成本。式(3)中  $\Delta S$  表示超额利润总和,并假设各个主体都采取信息共享策略时所获得的超额收益大于其初始成本,即  $\Delta S_i, \Delta S_j, \Delta S > 0$ 。

假设  $Node_i$  选择共享策略的比例为  $x$ , 则选择不共享策略的比例为  $1-x$ ; 假设  $Node_j$  选择共享策略的比例为  $y$ , 则选择不共享策略的比例为  $1-y$ 。

$Node_i$  选择共享策略时的收益为:

$$u_i^s = y(\pi_i + \Delta S_i) + (1-y)(\pi_i - l_i a_i) \tag{4}$$

$Node_i$  选择不共享策略时的收益为:

$$u_i^n = y\pi_i + (1-y)\pi_i \tag{5}$$

$Node_i$  的平均收益为:

$$\bar{u}_i = x u_i^s + (1-x) u_i^n = (1-x)(r_i a_j y - l_i a_i) \tag{6}$$

同理可得  $Node_j$  的平均收益为:

$$\bar{u}_j = (1-x)(r_j a_i x - l_j a_j) \tag{7}$$

构造两类节点的复制动态方程:

$$\frac{dx}{dt} = x(1-x)(r_i a_j y - l_i a_i) \tag{8}$$

$$\frac{dy}{dt} = y(1-y)(r_j a_i x - l_j a_j) \tag{9}$$

微分方程(8)和方程(9)描述了这个演化系统的群体动态。方程(8)表明,仅当  $x=0, 1$  或  $y=l_i a_i / r_i a_j$  时,  $Node_i$  类群体中使用共享策略的  $Node_i$  所占的比例是稳定的。同样,方程(9)表明,仅当  $y=0, 1$  或  $x=l_j a_j / r_j a_i$  时,  $Node_j$  类群体中使用共享策略的  $Node_j$  所占的比例是稳定的。

根据 Firedman 提出的方法<sup>[7]</sup>,演化系统均衡点的稳定性可由该系统的雅可比矩阵的局部稳定性分析得到。方程(8)和方程(9)组成的系统雅可比矩阵为:

$$J \begin{bmatrix} (1-2x)(r_i a_j y - l_i a_i) & x(1-x)r_i a_j \\ y(1-y)r_j a_i & (1-2y)(r_j a_i x - l_j a_j) \end{bmatrix}$$

由上述对方程的稳定点的分析可知,该系统在平面  $s=\{(x,y); x \geq 0, y \leq 1\}$  的局部均衡点有 5 个,即  $O(0,0)$ 、 $A(1,0)$ 、 $B(0,1)$ 、 $C(1,1)$  和  $D(x_D, y_D)$ , 其中:  $X_D = l_i a_j / r_i a_i$ ;  $Y_D = l_i a_i / r_i a_j$ 。

在 5 个局部均衡点中,仅有  $O$  点和  $C$  点是稳定的,是演化稳定策略(ESS),它们分别对应于所有网络组织主体都采取信息共享策略和都采用信息不共享策略这两种方式。另外,该演化系统还有两个不稳定的均衡点( $A$  点和  $B$  点),及一个鞍点( $O$  点)。

图 1 描述了网络组织两类主体  $Node_i$  和  $Node_j$  博弈的动态过程。由两个不稳定的均衡点  $A$  和  $B$  及鞍点  $D$  连成的折线为系统收敛于不同状态的临界线,即在折线的右上方( $ADBC$  部分)系统将收敛于所有信息共享的模式,在折线的左下方( $ADBO$  部分)系统收敛于所有信息不共享的模式。鉴于系统的演化是一个漫长的过程,可能在漫长的时间内系统保持一种信息共享与不共享共存的局面。

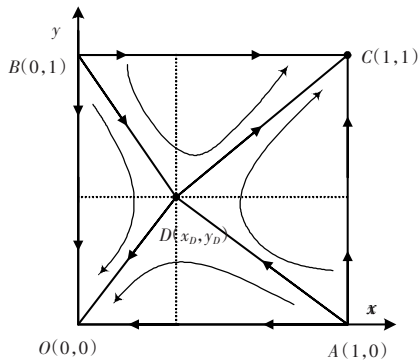


图 1 系统动态演化相图

#### 4 模型分析

从以上演化博弈模型可知:网络组织演化的长期均衡结果可能是完全共享,也可能是完全竞争,究竟沿着哪条路径,到达哪一个状态与该博弈的支付矩阵密切相关。在一定信息引导机制下,系统将收敛于哪一个均衡点受到博弈发生的初始状态影响。因此,在博弈的过程中,构成博弈双方收益函数的某些参数的初始值及其变化将导致演化系统向不同的均衡点收敛<sup>[9]</sup>。下面对影响系统演化行为的几个参数变化及控制方法进行讨论。

(1)信息共享产生的超额利润  $\Delta S$ 。从相图上可知,当网络组织主体的收益系数  $r_k$  越大,共享产生的超额利润越大时,折线上方的  $ADBC$  部分的面积就越大,系统收敛于均衡点  $C$  的概率增加,将会有越来越多的主体选择共享策略。在网络组织的具体实现中,就需要通过一定的激励机制和信誉管理措施来促进网络组织主体之间的信息共享和协作,以实现信息共享的超额利润最大化,从而保证网络组织中主体之间信息共享关系的建立和维护。

(2)风险系数  $l_k$  与初始成本  $l_k a_k$ 。风险系数主要由网络组织环境所决定,如果网络组织中各个主体的信任度高,相互之间协作和共享的意愿强烈,网络组织主体能够快速的找到可共享的有效利用信息,说明主体共享信息的风险系数  $l_k$  较低,则每个主体采取信息共享策略所付出的初始成本  $l_k a_k$  较低。从相图可知,当共享时所付出的初始成本  $l_k a_k$  越小,折线上方的  $ADBC$  部分面积越大,演化系统收敛于  $C$  点的概率也越大,网络组织中的主体越趋向于选择信息共享策略。

(3)可提供信息能力  $a_k$ 。网络组织主体拥有的信息提供能力与主体信息量正相关,主体信息量越多,其拥有的信息提供

能力也就越高。假设网络中各个主体的信息提供能力差异比较大,即  $a_i/a_j \gg 1$ ,令  $h = a_i/a_j$ ,从相图可知,四边形  $ACBD$  的面积  $S = 1 - \frac{1}{2}(\frac{l_i}{r_i}h + \frac{l_j}{r_j})$ ,则  $\frac{ds}{dh} = -\frac{1}{2}(\frac{l_i}{r_i} + \frac{l_j}{r_j})$ ,因为  $h \gg 1$ ,当  $m$  充分大时,  $\frac{ds}{dh} < 0$ ,由此可知,当网络组织中主体的信息服务能

力差异越大时,四边形  $ACBD$  的面积就越小,系统收敛于  $C$  点的概率就越小,即网络组织中主体采取信息共享策略的可能性就越小;而当主体间信息服务能力的差距越小时,四边形  $ACBD$  的面积就越大,系统收敛于  $C$  点的概率就越大,即网络组织中各主体最终采取共享策略的可能性就越大。

(4)主体贴现因子  $\delta_k$ 。贴现因子可理解为网络组织主体对未来共享产生的超额利润的依赖程度。当贴现因子越大,说明未来收益对博弈双方带来的效用越大,而当贴现因子减小时,说明双方更看中眼前的利益。而且,当  $\delta_i \neq \delta_j$  时,意味着双方对合作共享产生的超额利润的依赖或重视程度不同。从相图可得到,当  $l_k a_k, \Delta S$  一定时,  $\delta_k$  的值越大,双方越看中未来的合作收益,折线上方的面积越大,系统收敛于  $C$  点的概率就越大,反之各主体重视眼前的利益而采取机会主义行为,将不利于网络系统向信息共享的方向发展。

#### 5 结束语

网络组织信息共享越来越受到人们的关注,网络组织中如何约束主体的自私行为和抑制信息饥饿现象,传统的网络组织主体共享信息模型难以适应网络的动态可扩散性。利用演化博弈理论对网络组织主体信息共享机制的演化过程进行了研究,结果表明,该系统的演化方向与博弈双方的支付矩阵相关,并受到系统初始状态的影响;同时,信息共享产生的超额利润、双方因合作所投入的初始成本、主体服务能力、以及其主体贴现因子是影响供应链合作竞争关系演变的重要参数。只有遵从共享利益的极大化、建立良好的网络环境以及坚持长远的观点,网络组织才能建立和保持稳健的合作关系,从而达到信息共享的目的。

#### 参考文献:

- [1] 孙国强.网络组织联合制裁机制的博弈思考[J].当代经济管理,2005(4):71-78.
- [2] 卢福财.网络组织成员合作的声誉模型分析[J].中国工业经济,2005(2):42-49.
- [3] 陈学光.网络组织及其惯例的形成[J].中国工业经济,2006(2):52-58.
- [4] Hsiao H C, King C T. Modeling and evaluating peer-to-peer storage architectures[C]//Proceedings of International Parallel and Distributed Processing Symposium'2002(IPDPS'02), 2002.
- [5] Von Neumann J, Morgenstern O. Theory of games and economic behavior[M]. USA: Princeton University Press, 2002.
- [6] Nash J. Equilibrium points in n-person game[C]//Proc Nat Acad Sci, USA, 2001(36):48-49.
- [7] Friedman D. Evolutionary games in economics[J]. Econometrica, 1991(59):637-666.
- [8] Weibull J W. Evolutionary game theory[M]. Boston: MIT Press, 1998.
- [9] Kauffman S. Origins of order: Self organization and selection in evolution[M]. New York: Oxford University Press, 2002.
- [10] Reuer J Z M, Singh H. Interorganizational routines and performance in strategic alliances[J]. Organization Science, 2002(11).