

企业集群演进的进化博弈链模型研究

胡明礼 刘思峰 方志耕 阮爱清

(南京航空航天大学 经济与管理学院 江苏 南京 210016)

摘 要 构建了企业集群的进化博弈链模型,利用该模型对进入效用为负值的情形下企业集群进化博弈演进过程进行系统仿真,提出了企业集群演进的临界条件和自发演进条件的概念,揭示了企业集群演进的内在机理和动态过程,为探寻企业集群演进的本质规律提供了新的思路和方法。

关键词 企业集群 进化博弈链模型 仿真 临界条件

中图分类号 F062.9

文献标识码 A

文章编号 1001-7348(2006)11-0034-03

0 前言

企业集群是指在某一特定领域内互相联系的、在地理位置上集中的公司和机构的集合^[1]。一般,一个成熟的企业集群具有很强的外部规模经济性。20世纪80年代以来,无论是发达国家还是发展中国家都出现了大量各式各样的企业集群,企业集群的形成、发展、成熟和衰落的演进过程及其内在机理研究一直是最受人们关注的问题^[2,3]。

企业集群形成、发展、成熟和衰落的演

进过程可以看作是集群内企业与企业之间,企业与外部环境中各种实体之间的复杂博弈活动的结果。简单地说,只有当一个企业预期自己进入一个企业集群后与其它企业博弈结果的净收益大于不进入的净收益时,它才会进入该企业集群;同时企业集群内的随机一个企业与这个进入者博弈时不吃亏,它才会接纳这个企业。从博弈论的视角看,某一博弈方的支付实质上由其他局中人的选择所决定。现实中的企业面对复杂多变的市场环境,企业的博弈行为常常表现为“有

限理性”。“有限理性”的企业博弈方了解前期其他局中人的行为和这种行为的结构,但是不能准确判断自己当前行为的得失,因而模仿前期的最佳行为对它最有利。企业集群的演进过程表现为大量企业动态的学习和调整过程,某一企业的行为往往是其它相关企业过去行为的最佳模仿。我们认为企业集群的演进过程是大量有限理性的企业长期反复博弈的结果,进化博弈的理论是研究这类有限理性参与者的大群体反复博弈活动的理论基础^[4]。

种情况下,专业分工更加深入,公司各自在生产链上占据对自己来说最为有利的环节^[1]。

5 结论

集群内的企业在竞争中合作,在合作中又有竞争。企业不仅面临着是否实现自主创新的选择,还面临着模仿创新、形成战略联盟合作创新的战略选择,企业间在创新策略的选择中是一种复杂的博弈行为。本文通过对不同创新策略下企业成本与收益的比较分析,证明高科技企业集群内的企业在创新活动中是趋于合作的。通过形成研究与开发战略联盟合作创新,企业可以降低和分散开

发风险,减少开发成本,提高创新收益。因此,建立研究与开发战略联盟是产业集群内企业的一种合理选择和必然趋势。而集群内企业间由于地理空间的接近和共同的文化传统、良好的创新氛围,以及有利于隐性知识交流的信息交流机制,更有达成战略联盟的天然优势。

目前,我国的高新技术产业开发区正处于发展不完善的时期,企业的自主创新能力不强,缺乏良好的合作机制。为了弥补自主创新的不足,企业间更应广泛开展合作创新。政府应该致力于培养良好的创新环境,建立企业在研究与开发领域的合作机制。

参考文献:

- [1] 王缉慈等.创新的空间:企业集群与区域发展[M].北京:北京大学出版社,2001.
- [2] 盖文启,张辉,吕文栋.国际典型高技术产业集群的比较分析与经验启示[J].中国软科学,2004.
- [3] 梁宏.产业集群技术创新能力构建及其治理研究[A].华中科技大学博士学位论文,2004.
- [4] 万军康,梅志敏,彭华涛.企业技术创新模式选择的博弈分析[J].科技管理研究,2003(4).
- [5] 郭晓川.企业网络合作化技术创新及其模式比较[J].科学管理研究,1998(10):14-15.

(责任编辑:董小玉)

收稿日期 2006-01-18

基金项目 国家自然科学基金项目(70473037);江苏省社会科学基金项目(04ELB012)

作者简介 胡明礼(1979-)男,山东济宁人,南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生,研究方向为系统工程、智能决策;刘思峰(1955-)男,河南平舆人,南京航空航天大学经济与管理学院院长,教授、博士生导师,研究方向为系统工程、产业经济学、灰色系统理论。

进化博弈理论源于生物学家对动物和植物的冲突与合作行为的博弈分析。近年来,该理论被成功地应用于生态学、社会学和经济学等领域,国内外有关进化博弈理论的研究成为热点^[5-7]。方志耕等提出了进化博弈链模型^[8],该模型与传统的进化博弈模型相比有3个优点:其分析框架不仅适用于稳定环境中长期趋势的分析,而且能对一次性博弈结果或短期经济均衡进行预测;用链式结构表示进化博弈的动态过程,模型清晰、生动;易于进行仿真。

本文构建了描述企业集群演进过程的进化博弈链模型,利用该模型对进入效用为负值的情形下企业集群进化博弈演进过程进行系统仿真,揭示了不同初始状态下企业集群进化博弈的复制动态和进化稳定策略;通过分析仿真结果,提出了企业集群演进的临界条件和企业集群的自发演进条件的概念。

1 企业集群演进的进化博弈链模型

假设参与进化博弈的企业是相似的,即企业的规模和赢利方式和能力差距不大,这些企业在博弈活动中的收益与其在博弈过程中所在的位置无关,大量的这种企业随机配对反复博弈,宏观上表现为企业集群的形成、发展、成熟和衰落的演进。基于以上假定,下面我们给出这种对称情形下的企业集群演进的进化博弈链模型具体的构建过程。

为了讨论的方便,我们仅以2×2对称博弈为例,任意选定两个企业作为博弈方,可供选择的策略空间为 $S=\{s_Y, s_N\}$, s_Y 和 s_N 分别表示“进入”和“不进入”某企业集群两种策略选择。在一般情形下,企业间博弈的支付矩阵如表1所示。其中,博弈双方都选择策略 s_N 时,支付各为 X ;双方都选择策略 s_Y 时,支付是 $X+A$,称 A 为集聚效用,由于企业集群存在一定的外部规模经济性,一般 $A>0$;一方选择策略 s_Y ,一方选择策略 s_N 时,前者的支付是 $X+C$,称 C 为进入效用,后者的支付保持为 X 。

表1 企业间博弈的支付矩阵

企业2	s_Y		s_N
	s_Y	$X+A, X+A$	$X+C, X$
企业1	s_N	$X, X+C$	X, X

在博弈过程中,各企业博弈方知道前期博弈中其他局中人的行为和这种行为的结构,在当前的博弈中模仿前期的最佳行为。

若以椭圆配以策略下标 Y 和 N 分别表示进化博弈策略 s_Y 和 s_N ,以箭头(箭尾来自企业当前采取的策略,箭头指向该企业将采取的新策略)配以企业在各策略之间的相互转移比例和采取各博弈策略时收益情况的标注表示各策略之间的进化博弈情况。按照上述有关博弈链模型图的有关约定,我们可得描述企业集群演进问题的 t 时刻进化博弈链模型图(见图1)。

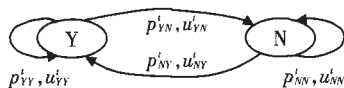


图1 进化博弈链模型

图1中,两个椭圆分别表示进化博弈策略 s_Y 和 s_N ,4条箭头分别表示了:在 t 到 $t+1$ 时刻,该进化博弈的各企业在这两个策略之间的转移(保持原策略、相互模仿和学习)情况,有的企业仍然采用原博弈策略,有的则改用其它策略,这主要取决于采取各策略时的收益情况。若箭线为自环型(箭头与箭尾指向同一策略),则表示 t 时刻该部分企业仍采用原策略,其箭线上的标注 $p_{YY}^{t+1}(p_{NN}^{t+1})$ 、 $u_{YY}^{t+1}(u_{NN}^{t+1})$ 分别表示 t 时刻该部分企业仍采用原策略时的比例值和期望效用;若箭线为非自环型,则表示 t 时刻采用该策略的部分企业在 $t+1$ 时刻将采用其它策略;其箭线上的标注 p_{YN}^{t+1} (p_{NY}^{t+1})、 $u_{YN}^{t+1}(u_{NY}^{t+1})$ 分别表示 t 时刻采用某策略的部分企业,到 $t+1$ 时刻转变采用其它策略时的比例值和期望收益。

假设 t 时刻有比例 x 的企业采用策略 s_Y ,比例 $1-x$ 的企业采用策略 s_N , $x \in [0, 1]$ 。那么,在 t 时刻采用两种策略各博弈方的企业比例、各博弈方的期望收益和企业群体的平均期望收益,分别用式(1)(2)和(3)来描述。

$$p_{YY}^t = x \quad (1)$$

$$u_{YY}^t = x \cdot (X+A) + (1-x) \cdot (X+C)$$

$$p_{NN}^t = 1-x \quad (2)$$

$$u_{NN}^t = x \cdot X + (1-x) \cdot X$$

$$\bar{u}^t = x \cdot u_{YY}^t + (1-x) \cdot u_{NN}^t \quad (3)$$

那么 $t+1$ 时刻采用两种策略的博弈方比例会发生怎样的变化?博弈方策略类型动态变化的关键是博弈方学习模仿的速度,速度的方向可由速度的正、负号来反映。通常情况下,企业的学习和模仿的速度主要取决于两个因素^[7]:一是模仿对象的数量大小(可采用相应策略的企业比例来表示),因为这关系到观察和模仿的难易程度;二是模仿对象的成功程度,可用模仿对象策略得益超过平

均得益的幅度来表示,因为这关系到判断差异的难易程度和对模仿激励的大小。我们完全有理由假定 t 时刻采用某一策略群体中的企业在下一个 $t+1$ 时刻转变采用其它策略(模仿或学习的策略)的比例值,与其模仿或学习对象的期望收益与平均收益的差值及其模仿或学习对象的企业数量成正比。

根据图1,我们可得 $t+1$ 时刻,该博弈中各企业的状态变化(保持原策略或进行策略的模仿和学习)情况,如式(4)和(5)所示。式(4)和(5)表示:由 t 时刻采用某一策略的企业,在 $t+1$ 时刻转变采用其它策略后,其收益与其模仿或学习对象的期望收益相等。也就是说,假定其模仿或学习的成本为零, p_{YN}^{t+1} 和 p_{NY}^{t+1} 则分别表示:在 t 时刻采用某策略的企业,感受到其收益与企业群体平均收益的差距后,在 $t+1$ 时刻转而采用其它策略,改变其原有策略而采用其它策略企业的数目 p_{YN}^{t+1} (或 p_{NY}^{t+1})应与其采用原策略企业数目 p_{YY}^t (或 p_{NN}^t)和 $\frac{\bar{u}^t - u_{YY}^t}{\bar{u}^t - u_{min}}$ (或 $\frac{\bar{u}^t - u_{NN}^t}{\bar{u}^t - u_{min}}$)成正比,其中 $u_{min} = \min\{X, X+A, X+C\}$ 。在这里,我们取定其比例系数为1。

$$p_{YN}^{t+1} = p_{YY}^t \cdot \frac{\bar{u}^t - u_{YY}^t}{\bar{u}^t - u_{min}} \quad (4)$$

$$u_{YN}^{t+1} = u_{NN}^{t+1} \quad (5)$$

$$p_{NN}^{t+1} = p_{NN}^t \cdot \frac{\bar{u}^t - u_{NN}^t}{\bar{u}^t - u_{min}} \quad (6)$$

$$u_{NN}^{t+1} = u_{YY}^{t+1} + p_{NN}^{t+1} \cdot (X+C) \quad (7)$$

$$\bar{u}^{t+1} = p_{YY}^{t+1} \cdot R + p_{NN}^{t+1} \cdot R \quad (8)$$

这样,根据以上各式可得 $t+1$ 时刻,图1中各自环型箭线上的各项参数表达式,如式(6)(7)和(8)所示;而与此同时,其非自环型箭线上的参数可用式(9)和(10)来表示。

$$p_{YY}^{t+2} = p_{YY}^{t+1} \cdot \frac{\bar{u}^{t+1} - u_{YY}^{t+1}}{\bar{u}^{t+1} - u_{min}} \quad (9)$$

$$u_{YY}^{t+2} = u_{NN}^{t+2} \quad (10)$$

2 企业集群演进的复制动态与进化稳定策略仿真

利用第1部分建立的基于对称收益情

形下企业集群演进过程的进化博弈链模型, 下面我们对企业集群的动态演化过程进行仿真。显然, 只有 (s_i, s_i) 成为进化稳定策略^[4]时, 企业集群才有可能形成和发展, 仿真的目的是寻找企业集群演进过程中的进化稳定策略, 进而探寻企业集群形成、发展、成熟和衰落等演进过程的内在机理。

考察企业间博弈的支付矩阵(表1), 一般 $A>0$ 且 $A>C$, 而进入效用和两种情况下的进化博弈的稳定策略是不同的。 $C=0$ 意味着无论别的企业如何行动, 只要进入企业集群, 收益就会增加, 一般是指某个地区或(某个行业)具有特定的资源(市场)优势, 比如自然资源丰富、劳动力成本低廉或市场需求处于迅速扩张期等等情形。博弈的结果是企业都选择进入策略, 企业集群将自动形成并持续发展。我们不妨称 $C=0$ 为企业集群自发演进条件。文献[8]研究了这种情形下产业集群的进化博弈过程。

然而在很多情况下, 某企业选择进入企业集群时会付出代价。如果对方企业采取不进入的策略, 无法形成外部规模经济效应, 选择进入集群的企业损失就得不到补偿, 此时的进入效用 $C<0$ 。换句话说, 在对手不进入的情况下, 选择进入策略是有成本的。下面我们仅对进入效用小于零($C<0$)的进化博弈过程进行仿真和分析, 进入效用不小于零的情形请参见文献[8], 这里不再赘述。

在企业集群演进的进化博弈中, 令 $p_{NV}^0=0$, 求解式(5), 可得均衡时采用不同策略的企业比例值(如式(11)所示)。式(11)表明, 该进化博弈有3个均衡点, 在这3个均衡点中存在进化稳定策略(ESS)。

$$p_{NV}^{t+2} = p_{NV}^{t+1} \frac{\bar{u}_{t+1} - u_{NN}^{t+1}}{\bar{u}_{t+1} - u_{nn}} = 0, \quad x_1=0, \quad x_2=1, \quad x_3 = \frac{-C}{A-C} \quad (11)$$

由 $A>0$ 和 $C<0$ 可知 $0 < \frac{-C}{A-C} < 1$, 显然, 稳定点 x_3 介于稳定点 x_1 和 x_2 之间, 3个稳定点将整个取值区间 $[0, 1]$ 划分为两个部分, 如图2所示。因此在对该问题进行仿真时, 其初始值可在区间 $[x_1, x_3]$ 或 $(x_3, x_2]$ 中选取。

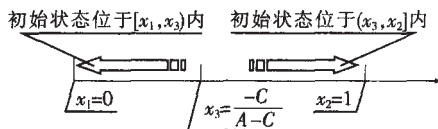


图2 稳定点 x_1, x_2, x_3 之间的关系

令 $X=4, A=2, C=-1$ 由式(11)可知, 进化

博弈存在3个稳定点 $x_1=0, x_2=1, x_3=\frac{1}{3}$ 利用 Matlab 软件对企业集群演进的进化博弈模型进行仿真试验^[9], 其具体仿真情况如表2和表3所示。

选取初始值 $p_{NV}^0=0.3332$ 时, 企业集群演进的博弈的进化过程($X=4, A=2, C=-1$), 见表2。

表2

进化代数	p_{NV}^t	\bar{u}_t	$\frac{\bar{u}_{t+1} - \bar{u}_t}{ \bar{u}_t }$ (%)
0	0.3332	3.9999	—
1	0.3331	3.9998	-0.003
2	0.3330	3.9996	-0.005
3	0.3327	3.9994	-0.005
4	0.3323	3.9990	-0.010
5	0.3316	3.9983	-0.018
6	0.3305	3.9972	-0.028
7	0.3286	3.9953	-0.048
8	0.3254	3.9923	-0.075
9	0.3202	3.9873	-0.125
10	0.3115	3.9795	-0.196
11	0.2971	3.9677	-0.297
12	0.2736	3.9510	-0.421
13	0.2361	3.9311	-0.504
14	0.1797	3.9172	-0.354
15	0.1056	3.9279	0.273
16	0.0360	3.9679	1.018
17	0.0040	3.9960	0.708
18	0.0000	4.0000	0.100
19	0.0000	4.0000	0.000

选取初始值 $p_{NV}^0=0.3334$ 时, 企业集群演进的博弈的进化过程($X=4, A=2, C=-1$), 见表3。

从仿真结果可以看到, 当初始状态 p_{NV}^0 位于 $[x_1, x_3]$ 内时, 进化稳定策略为 $x^*=x_1$, 随着时间的推移, 进化过程朝着进化稳定策略所决定的均衡点 $x_1=0$ 的方向进化(如图2所示), 反复博弈的结果是企业集群的衰落消亡; 当初始状态 p_{NV}^0 位于 $(x_3, x_2]$ 内时, 进化稳定策略为 $x^*=x_2$, 随着时间的推移, 进化过程朝着进化稳定策略所决定的均衡点 $x_2=1$ 的方向进化(如图2所示), 反复博弈的结果是企业集群持续发展壮大。

3 初始状态与进化动态分析

由表2和表3, 得到图3所示的企业集群演进的复制进化过程图。

若初始值 p_{NV}^0 位于 $[x_1, x_3]$ 中, 由表2的仿真结果可知, 在这种情况下, 系统中选择进

表3

进化代数	p_{NV}^t	\bar{u}_t	$\frac{\bar{u}_{t+1} - \bar{u}_t}{ \bar{u}_t }$ (%)
0	0.3334	4.00007	—
1	0.33344	4.0001	0.012
2	0.33352	4.0002	0.024
3	0.33364	4.0003	0.036
4	0.33385	4.0005	0.063
5	0.33419	4.0009	0.102
6	0.33476	4.0014	0.171
7	0.33572	4.0024	0.287
8	0.33731	4.0040	0.474
9	0.33996	4.0068	0.786
10	0.34439	4.0114	1.303
11	0.3518	4.0195	2.152
12	0.36419	4.0337	3.522
13	0.38493	4.0596	5.695
14	0.41951	4.1085	8.983
15	0.47631	4.2043	13.540
16	0.56515	4.3930	18.652
17	0.68784	4.7315	21.709
18	0.81972	5.1961	19.173
19	0.91791	5.6098	11.978
20	0.96855	5.8457	5.517
21	0.98895	5.9451	2.106
22	0.99625	5.9813	0.738
23	0.99874	5.9937	0.250
24	0.99958	5.9979	0.084
25	0.99986	5.9993	0.028
26	0.99995	5.9998	0.009
27	0.99998	5.9999	0.003
28	0.99999	6.0000	0.001
29	1.0000	6.0000	0.001
30	1.0000	6.0000	0.000

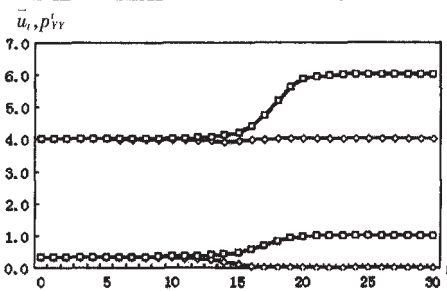


图3 企业集群演进的复制进化过程

入策略的企业比例逐渐减少, 一直减少到均衡点 x_1 。我们不妨将这一过程成为企业集群的能量衰减过程。当初始值 $p_{NV}^0=0.3332$ 时, 这一能量衰减过程需要经历19代, 系统中企业博弈方的平均收益期望值由 $\bar{u}_0=3.9999$ 逐渐下降, 然后逐步回升到均衡值 $\bar{u}_{19}=4.0000$ 。实际上, 随着系统中选择进入策略的企业比例逐渐减少, 它们的期望收益是减少的, 而选择不进入策略的企业预期收益保

持不变,造成平均收益先降后升。通过模仿和学习,选择进入策略的企业越来越少,企业集群的能量逐渐衰减到零,企业集群归于消亡。

若初始值 p_0^0 位于区域 $[x_3, x_2]$ 中,由表 3 的仿真结果可知,在这种情况下,系统中选择进入策略的企业比例逐渐增加,一直增长到均衡点 x_3 。我们不妨将这一过程称为企业集群的能量集聚过程。当初始值 $p_0^0=0.3334$ 时,这一能量集聚过程需要经历 30 代,系统中企业博弈方的平均收益期望值 $\bar{u}_0=4.00007$ 逐步上升到均衡值 $\bar{u}_3=6.0000$ 。实际上,随着系统中选择进入策略的企业比例逐渐增加,它们的期望收益是增长的,而选择不进入策略的企业预期收益保持不变,造成企业群体平均期望收益逐步上升。通过模仿和学习,选择进入策略的企业越来越多,企业集群的能量逐渐集聚到最大值,企业集群不断发展壮大。

由以上分析可以看到,如果选择进入策略的企业数量小于临界值 $\lambda = \frac{-C}{A-C}$, 进化博弈的结果是企业集群逐渐衰落消亡;一旦选择进入策略的企业数量超过 λ , 企业的博弈结果是企业集群的持续发展壮大。我们称 $p_0^0 > \lambda$ 为企业集群演进的临界条件 $\lambda \in [0, 1]$ 。显然 λ 的大小由进入效用 C 和集聚效用 A 共同决定。实际上,如果 $C > 0$, 那么 $\lambda > 0$, 意味着不存在临界值,企业集群能够自发演进,这与前面的分析是一致的,进一步证明了将 $C > 0$ 作为企业集群自发演进条件是合理的。

不同地区、不同行业的进入效用 C 和集聚效用 A 是有差异的,因而其企业集群演进的临界条件一般是不同的。在进入效用为负

值的情形下,进入效用越小,集聚效用就越小,临界值越大,需要的启动能量就越高,企业集群形成与发展更加困难;进入效用越大,集聚效用越大,临界值也就越低,需要的启动能量越低,企业集群更加容易形成和发展。

即使同一地区、同一行业的临界值 λ 也是不断变化的。例如,随着某地区投资环境的改善和优惠政策措施的出台,在进入效用为负值的情形下,企业的进入效用和集聚效用提高,临界值会随之降低,更有利于企业集群的形成和发展。相反,随着投资环境的恶化和优惠政策的取消,企业的进入效用和集聚效用降低,临界值会随之升高,不利于企业集群的形成与发展。

4 结语

企业集群演进的进化博弈链模型的构建为研究企业集群演进过程的内在机理提供了新的思路和方法,通过对企业集群动态进化过程的仿真,我们找到了企业集群演进的临界条件和自发演进条件,揭示了企业集群演进的内在规律。本文仅研究了对称情形下企业集群演化过程的进化博弈问题,非对称情形下的企业集群进化博弈问题与实际情形更贴近,并且更加复杂和有趣,值得进一步地研究。

参考文献:

- [1] 迈克·E·波特. 族群与新竞争经济学[J]. 经济社会体制比较, 2002 (2): 21-31.
- [2] 汪志安. 企业集群形成中的政府政策作用: 理论与我国的实证分析[J]. 嘉兴学院学报, 2005, 17 (1): 120-126.
- [3] 符正平. 论企业集群的产生条件与形成机制[J].

中国工业经济, 2002 (10): 20-26.

- [4] Daniel Friedman. On economy applications of evolutionary game theory[J]. Evolutionary Economics, 1998, (c) Springer-Verlag(8): 15-34.
- [5] 方齐云, 郭炳发. 演化博弈理论发展动态[J]. 经济动态, 2005 (2): 70-72.
- [6] Zhigang Fang, Sifeng Liu and Aiqing Ruan. Study on chain structure model of evolutionary game based on symmetric case. 2005 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control Sponsored by the IEEE Systems, Man and Cybernetics Society, March 19-22, 2005, Radisson Hotel, Tucson, Arizona, USA.
- [7] 谢识予. 经济博弈论 第2版[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002. 233-276.
- [8] Aiqing Ruan, Sifeng Liu, Zhigang Fang and Mingli Hu. Study on Chain Model of Evolutionary Game of Industrial Agglomeration Based on Symmetry Case. IEEE International Conference on Service Operations and Logistics and Informatics Proceedings, Aug. 10-12, 2005, Beijing, China.
- [9] 李丽, 王振岭. MATLAB 工程计算及应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001. 107-143.

(责任编辑 焱 焱)



Study on Chain Model of Evolutionary Game of Clusters' Evolution

Abstract: It is the result of repeat games among lots of bounded rational enterprises that clusters' evolution process, such as forming, development, grown up and decline of clusters. Evolutionary game theory is the basis of tools to describe this kind of problem. Chain model of evolutionary game, the latest fruit of evolutionary game theory, is more vivid and easier to imitate than classical models. In this paper, a chain model of evolutionary game of clusters' evolution is established to imitate the evolutionary process of clusters with negative entry utility. By the result of imitation, two novel concepts, i.e. critical condition and spontaneous condition of clusters' evolution are put forward to discover the inherent mechanism and dynamic process of clusters' evolution. The research of this paper provides a new way to explore essential rules of cluster's evolution.

Key words: clusters; chain model of evolutionary game; imitation; critical condition