

一类企业组织竞争中的复杂性表现评价^①

马国建, 梅强, 杜建国, 刘秋生

(江苏大学工商管理学院, 镇江 212013)

摘要: 为研究企业组织在周期态的表现, 提出复杂性表现评价概念. 通过一个双寡头产量竞争演化模型的分析, 用数值仿真展示了决策参数的大小和初始条件的不同取值对博弈收敛到 Nash 均衡快慢的影响. 以累计利润为主要评价指标, 采用取值方法对该模型的在周期态、混沌态的表现进行评价. 研究发现: 参与者的最优战略组合位于 Nash 均衡点的稳定域内; 累计利润对在 Nash 均衡产量的某邻域内的初始产量、对在 Nash 均衡稳定域的较大范围内的决策参数的取值是不敏感的; 决策参数对初始产量收敛速度的影响及博弈论中的囚徒困境问题是形成 3 维仿真图中坐标轴两侧不平坦区域的主要机制; Nash 均衡产量的实际稳定区域可能比一般意义上的稳定区域要小.

关键词: 双寡头产量竞争演化模型; Nash 均衡; 复杂性表现评价

中图分类号: F069; F232 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2008)04-0013-11

0 引言

在企业组织的竞争演化过程中, 除了有较大的可能性收敛于均衡态之外, 还可能出现大于 1 的周期态, 甚至可能出现包括混沌在内的各种复杂的现象和行为^[1-7], 存在不动点、极限环、拟周期吸引子和混沌吸引子^[8-13]. 由于无穷多个不稳定周期轨道稠密地分布于混沌吸引子内, 所以通过混沌控制实现系统在混沌态与各种周期轨道间的转移是可能的. 但是经济系统中的混沌可能有利, 也可能有害^[14,15]. 文献[14,15]虽然将经济系统中的混沌分为有益混沌和有害混沌两类, 但并没有涉及如何评价经济系统在混沌态的表现. 文献[11,12]针对经济系统的特点采用了两种有效的混沌控制方法抑制了经济系统的混沌态, 并对控制前后参与者的业绩进行了对比, 但也基本未论及经济系统在混沌态时的表现. 文献[13]把混

沌表现评价从文献[9]中的 1 维拓展到 2 维, 并评价了双寡头产量竞争模型的混沌态, 发现混沌态可能对有的参与者有利, 而对另外的参与者有害.

另外, 一些企业组织演化模型经分岔进入多周期态也可能使某些经济主体的业绩下降, 所以也要关注经济主体在周期态的业绩表现. 文献[13]虽然把混沌表现评价从 1 维拓展到 2 维, 但没有对模型在周期态的表现进行评价, 没有对 3 维仿真结果的表现机理进行合理的解释. 本文认为应对“混沌表现评价”概念进行更新和扩充, 拓展为“复杂性表现评价”更为妥当. 文献[6]研究了一类 RD 投入动态竞争系统的全局复杂性. 文献[7]基于管理熵理论的原理, 建立了企业管理系统复杂性评价的新尺度和评价方法. 但文献[6,7]都没有对系统的复杂性表现进行评价. 对于经济管理系统, 除了要对系统的复杂性进行评

① 收稿日期: 2006-04-19; 修订日期: 2007-04-17.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70773051; 70571034; 70731002); 国家社会科学基金资助项目(07CJL028; 07CJY014); 中国博士后科学基金资助项目(20060400918); 江苏省博士后科研资助计划资助项目(0601020C); 江苏大学校高级人才基金资助项目(06JDG025).

作者简介: 马国建(1971—), 男, 江苏淮安人, 博士, 副教授. Email: gjma@ujs.edu.cn

价外,经济主体在周期态、混沌态的业绩表现及其形成机理也是一个值得研究的问题.

本文以一类双寡头竞争演化博弈模型为例,以累计利润作为主要指标用于评价模型在周期态的表现,考虑初始产量对不同评价指标下均衡点的影响,对模型在周期态和混沌态时的表现进行3维仿真,并利用决策参数的取值对初始产量收敛速度的影响以及博弈论中的“囚徒困境”理论^[16]来解释3维模拟图.

1 双寡头企业产量竞争演化模型

在不完全竞争市场上,双寡头企业的战略空间是选择产量,产量决策发生在离散时间周期 $t = 0, 1, 2, \dots$; 令 $q_i(t)$ 表示第 i 家企业在 t 期的产量. 把文献[2]的成本函数改为更为一般的形式: $C_i(q_i) = c_i + d_i q_i + e_i q_i^2$, 其中,由于规模效益,成本函数 $C_i(q_i)$ 随着产品生产量的增加而上升. 可假定: $C_i'(q_i) > 0, C_i''(q_i) \geq 0, i = 1, 2$. 根据此假定可得出 $d_i > 0, e_i > 0$. 由于存在固定成本,所以 $C_i(0) > 0$, 即 $c_i > 0$. 在 t 期的价格 P 由总产量 $Q(t) = q_1(t) + q_2(t)$ 通过 $P = P(Q) = a - bQ$ 的需求函数决定,这里, a 和 b 是正的常数, a 表示市场上该产品的最高价格. 则第 i 家企业在第 t 期 ($t = 0, 1, 2, \dots$, 下同) 的税后利润模型为

$$L_i(q_1(t), q_2(t)) = [q_i(t)(a - bQ(t)) - (c_i + d_i q_i(t) + e_i q_i^2)](1 - r), \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

第 i 家企业在第 t 期的边际利润为

$$\frac{\partial L_i(q_1, q_2)}{\partial q_i} = [a - bQ(t) - (b + 2e_i)q_i(t) - d_i](1 - r), \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

为了获得最大利润,每个企业进行产量决策,但是现实中每个企业并不具有完全的市场信息,因此他们的行为具有适应性,即遵循建立在上期边际利润的局域估计基础上的有限理性的调整过程. 例如如果企业感觉到第 t 期边际利润是正的,则他在第 $t + 1$ 期就会增加产量,反之如果边际利润是负的,他就会减少产量. 具体地,第 $t + 1$ 期的产量具有如下的形式^[2, 3]

$$q_i(t + 1) = q_i(t) + \alpha_i q_i(t) \frac{\partial L_i(q_1, q_2)}{\partial q_i},$$

$$i = 1, 2 \quad (3)$$

其中, α_i 是一个正的决策参数,表示企业 i 产量调整的相对速度,它一定程度上反映了企业对市场的反应速度. 把式(2)代入式(3)可得如下的产量竞争演化模型

$$q_i(t + 1) = q_i(t) + \alpha_i q_i(t) [a - bQ(t) - (b + 2e_i)q_i(t) - d_i](1 - r), \quad i = 1, 2 \quad (4)$$

求解非线性差分方程(4)可得到4个不动点

$$E_0 = (0, 0); E_1 = \left(\frac{a - d_1}{2b + 2e_1}, 0\right);$$

$$E_2 = \left(0, \frac{a - d_2}{2b + 2e_2}\right); E^* = (q_1^*, q_2^*)$$

其中

$$q_1^* = \frac{(a - d_1)(2b + 2e_2) - b(a - d_2)}{3b^2 + 4be_1 + 4be_2 + 4e_1e_2}$$

$$q_2^* = \frac{(a - d_2)(2b + 2e_1) - b(a - d_1)}{3b^2 + 4be_1 + 4be_2 + 4e_1e_2}$$

由于 E_0, E_1, E_2 处于决策集 $J = \{(q_1, q_2) | q_1 \geq 0, q_2 \geq 0\}$ 的边界上,所以称它们为边界均衡,当满足条件

$$\begin{cases} d_1 + \frac{b(d_1 - d_2)}{b + 2e_2} < a \\ d_2 + \frac{b(d_2 - d_1)}{b + 2e_1} < a \end{cases} \quad (5)$$

时, E^* 处于决策集内,而且所有企业的边际利润为0,所以这时 E^* 是惟一 Nash 均衡点.

根据模型(4)的雅可比矩阵可以判断边界均衡点 E_0, E_1, E_2 是不稳定的,根据 Jury 判别条件^[2, 3]可得到 Nash 均衡点的稳定域的边界曲线由直线 $\alpha_1 = 0$, 直线 $\alpha_2 = 0$ 及曲线 C_1

$$4f_1\alpha_1 + 4f_2\alpha_2 - f_3\alpha_1\alpha_2 - 4 = 0 \quad (6)$$

围成,其中

$$f_1 = (b + e_1)q_1^*(1 - r),$$

$$f_2 = (b + e_2)q_2^*(1 - r),$$

$$f_3 = (3b^2 + 4be_1 + 4be_2 + 4e_1e_2) \times (1 - r)^2 q_1^* q_2^*$$

对模型(4)的研究表明,从参与者的产量、成本和利润随产量调整的相对速度 α_i 变化的分岔图看出,当企业对产量的调节速度大到一定程度时, Nash 均衡点会失去稳定性,系统经倍周期分岔走向混沌,企业之间呈现竞争胶着状态. 如图1(a)、(b)、(c)所示,参数取值为 $a = 10, b = 1,$

$c_1 = 1.1, c_2 = 1, d_1 = 1, d_2 = 1, e_1 = 1, e_2 = 1.1, r = 0.3$. 随产量调整速度 α_1 变化的最大 Lyapunov 指数图如图 1(d) 所示, 该图可进一步证实产量调整速度 α_1 变化时, 模型的演化由稳定变得不稳定, 经倍周期分岔走向混沌态这一特性.

从图 1(c) 还可以看出, 倍周期分岔后, 企业主体的利润呈现非常复杂的形态. 为了对模型 (4) 在周期态、混沌态的表现进行评价, 采用文献 [9, 12] 的累计利润指标. 当决策参数 $\alpha_i (i = 1, 2)$ 确定时, 选择一个初始产量 $Q_0 = (q_1(0),$

$q_2(0))$, 通过该点出发的生产轨迹可计算这些指标. $L_i^T(Q_0, \alpha_1, \alpha_2)$ 表示前 T 期企业 i 累计利润, 反映了一定时期内企业的盈亏, 公式为

$$L_i^T(Q_0, \alpha_1, \alpha_2) = \sum_{t=0}^T L_i(q_1(t), q_2(t)), \quad i = 1, 2 \quad (7)$$

式(7) 分别对 $\alpha_i (i = 1, 2)$ 求偏导数, 并令其为零, 可导出企业 i 的最优反应函数

$$f_i(\alpha_1, \alpha_2) = \frac{\partial L_i^T}{\partial \alpha_i} = 0, \quad i = 1, 2 \quad (8)$$

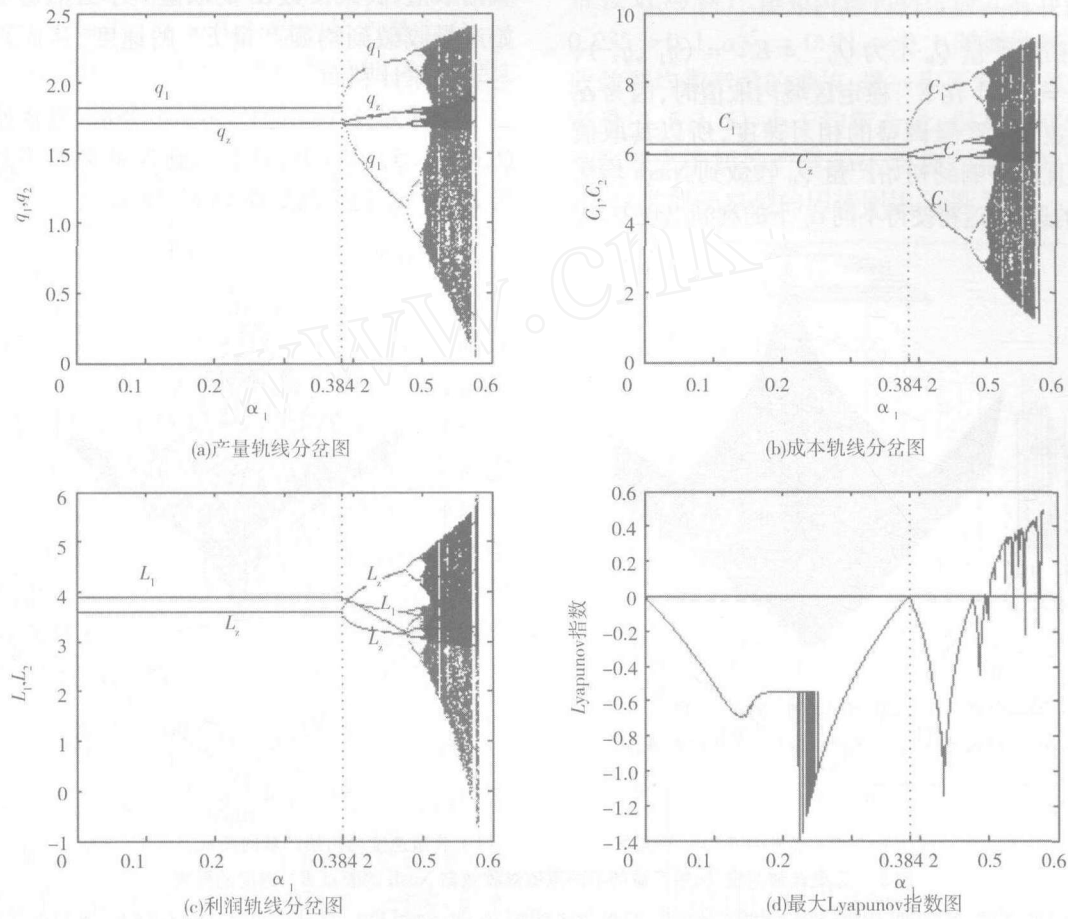


图 1 α_1 变化模型(4) 对应的轨线分岔图和最大 Lyapunov 指数图

Fig. 1 The bifurcation diagram and maximal Lyapunov exponent diagram of the model (4) as α_1 varies

式(8) 表示为两条曲线 $LC_i (i = 1, 2)$, 也称为反应曲线. 如果两条曲线 $LC_i (i = 1, 2)$ 有共同的交点, 其交点即为决策参数的 Nash 均衡点: $\alpha^{L*} = (\alpha_1^{L*}, \alpha_2^{L*})$, 该点对应的累计利润即为决策参数的 Nash 均衡点累计利润

$$L_*^T = (L_1^T(Q_0, \alpha_1^{L*}, \alpha_2^{L*}), L_2^T(Q_0, \alpha_1^{L*}, \alpha_2^{L*}))$$

由于决策参数的 Nash 均衡点 α^{L*} 及其对应的累计利润 L_*^T 都与初始条件 Q_0 有关, 根据利润

函数的偏导数(边际利润) 为零, 即

$$\frac{\partial L_i(q_1, q_2)}{\partial q_i} = 0, \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

可得到初始条件的最优选择 $(q_1^{L*}(0), q_2^{L*}(0)) \cong Q_0^{L*}$. 由产量竞争演化模型(4) 与不动点的定义可知, 初始条件的最优选择为模型(4) 的 Nash 均衡点 E^* , 即 $Q_0^{L*} = E^* = (q_1^*, q_2^*)$, 代入式(1) 可计算出 $L_i(Q_0^{L*}) = [q_i^* P(Q^*) -$

$C_i(q_i^*)](1-r)$, 其中 $Q^* = q_1^* + q_2^*$. 这时每个参与者每期挣得的是最优利润(均衡利润), 所以最优累计利润

$$L_*^T = (L_1^T, L_2^T) \\ = ((T+1)L_1(Q_0^{L*}), (T+1)L_2(Q_0^{L*}))$$

值得注意的是, 当初始产量 Q_0 取为 $Q_0^{L*} = E^* = (q_1^*, q_2^*)$, 理论上(由式(4)知)此时决策参数 $\alpha_i (i = 1, 2)$ 可任意取值, 考虑到噪声及计算误差的存在以及产量竞争演化模型(4)处于混沌态时对初始条件的敏感依赖性, 决策参数 $\alpha_i (i = 1, 2)$ 最好在其稳定性区域内取值.

当初始产量 Q_0 不为 $Q_0^{L*} = E^* = (q_1^*, q_2^*)$, 若 $\alpha_i (i = 1, 2)$ 在 E^* 稳定区域内取值时, 因为 α_i 代表企业 i 对产量调整的相对速度, 所以其取值的大小直接影响到初始产量 Q_0 收敛到 Nash 均衡点 E^* 的速度, 这将使得不同 α_i 下的利润出现差异;

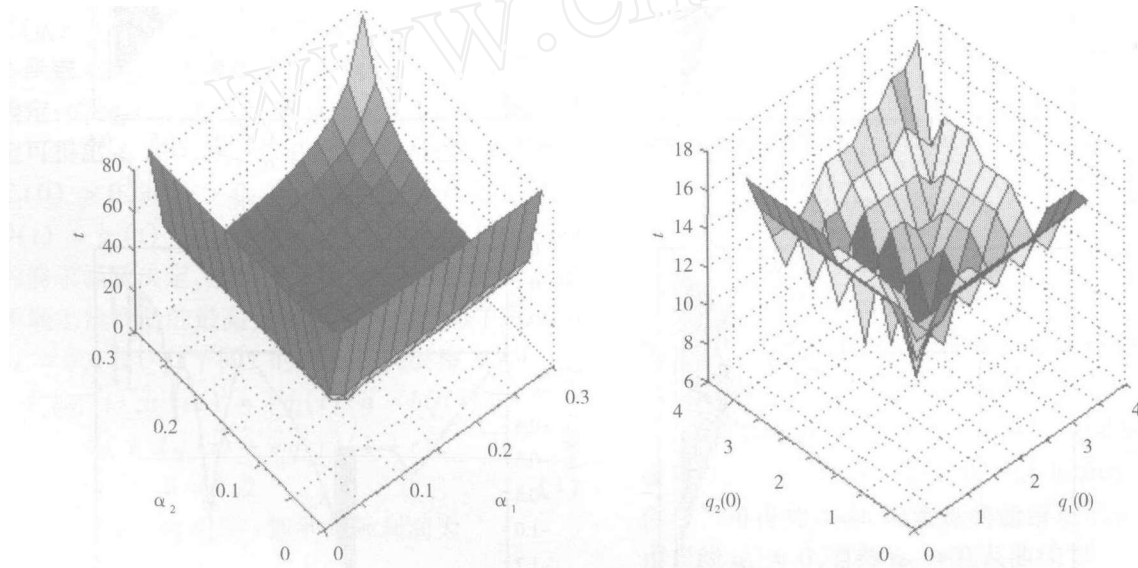
若 $\alpha_i (i = 1, 2)$ 不在 E^* 稳定区域内取值, 由图1(c)知, 参与者的利润将出现波动. 为了选择合适的决策参数的值, 可按照式(8)来确定 $\alpha^{L*} = (\alpha_1^{L*}, \alpha_2^{L*})$.

2 双寡头产量竞争演化模型的复杂性表现评价

2.1 初始条件的取值对累计利润的影响

由上面分析可以看出, 当初始产量不等于 Nash 均衡产量 E^* 时, 若决策参数 α_i 在 E^* 的稳定域内取值, 决策参数 α_i 的取值大小必然影响到初始产量收敛到均衡产量 E^* 的速度, 从而影响参与者的累计利润.

下面对这个问题作进一步分析. 当初始产量 $Q_0 = (1.5, 1.5)$ 时, 其收敛到 Nash 均衡点的速度与 α_1 和 α_2 的关系如图 2(a) 所示.



(a) 收敛速度与 α_1, α_2 的关系 (b) 收敛速度与初始产量的关系
图 2 产量调整速度、初始产量的不同取值对收敛到 Nash 均衡点 E^* 速度的影响

Fig. 2 Different values of output-adjustment speed or initial output have effect on the speed that initial point is converging to Nash equilibrium E^* 其中纵坐标 t 表示初始产量 Q_0 在决策参数取相应值时收敛到 Nash 均衡点 E^* 所需的迭代次数, 其它参数的取值为 $a = 10, b = 1, c_1 = 1.1, c_2 = 1, d_1 = 1, d_2 = 1, e_1 = 1, e_2 = 1.1, r = 0.3$. 从该图可看出, 在 Nash 均衡点的稳定域内, 当决策参数的取值较大时(比如大于 0.04), 初始产量 Q_0 很快收敛到 Nash 均衡点 E^* . 数值模拟结果表明当 Q_0 在可行域内取其它值时有类似结论. 比如当 $\alpha_1 = 0.15, \alpha_2 = 0.15$ 时(其它参数的取值同前), 收敛速度与初始产量 $Q_0 = (q_1(0), q_2(0))$ 的关系如图 2(b) 所示. 从该图可看出, 在可行域内不管初始条件如何取值, 几乎不超过 16 次迭代, 都将收敛到产量均衡 E^* . 换句话说不管初始条件如何取值, 几乎经过 16 次迭代以后, 参与者以后各期的产量、成本和利润将不再发生变化. 只要决策参数 α_i 在稳定域内的取值适当大(比如大于 0.1), 参与者的产量、成本和利润等轨迹经过短暂的波动(暂态)后将趋于稳定, 如果累计期 T 足够大, 前面有限次数的暂态对参与者的累计利润的影响不大, 即不同初始条件下的累计利润与初

始产量取 Nash 均衡 E^* 时对应的累计利润差异不大. 从图2(a) 还可看出, α_i 在一定范围内取值, 初始产量都很快收敛到 Nash 均衡产量 E^* , 也就是说, α_i 在一定范围内取值时, 各个参与者的累计利润变化不大. 这一点可从后面的数值模拟中进一步证实. 以上分析说明, 参与者在决策 α_i 的取值时不宜过小, 在决策参数 α_i 及初始产量的选择上都有一定的余地.

2.2 累计利润对应的 Nash 均衡点分析

进一步对业绩评价指标作数值仿真, 参数取值为 $a = 10, b = 1, c_1 = 1.1, c_2 = 1, d_1 = 1, d_2 = 1, e_1 = 1, e_2 = 1.1, r = 0.3$. 设初始产量为 $Q_0 = (q_1(0), q_2(0)) = (1.5, 1.5)$, 累计期 $T = 100$. 对于模型(4), 累计利润为

$$L_i^T(Q_0, \alpha_1, \alpha_2) = \sum_{t=0}^T L_i(q_1(t), q_2(t)) = \sum_{t=0}^T [q_i(t)(a - bQ(t)) - (c_i + d_i q_i(t) + e_i q_i^2(t))] (1 - r), i = 1, 2 \quad (10)$$

其中, $q_i(t+1) = q_i(t) + \alpha_i q_i(t) [a - bQ - (b + 2e_i)q_i - d_i] (1 - r), i = 1, 2$. 由于式(10) 过于复杂, 故直接根据式(8) 求解决策参数的 Nash 均衡点过于困难, 可采用数值解法. 取决策参数集为 $K = \{(\alpha_1, \alpha_2) \mid 0 \leq \alpha_1 \leq 0.6, 0 \leq \alpha_2 \leq 0.6\}$. 当决策参数取值超过这个范围时, 厂商的产量会出现负值, 意味着经济系统演化的崩溃, 所以不予考虑. 可把 K 划分为 $M \times N$ 的网格, 自然数 M, N 的大小取决于计算的精度要求. 这里, 把决策参数集等间隔划分为 600×600 的网格, 即 $\alpha_1 = \frac{(i-1)}{1000}$,

$i = 1, 2, \dots, 601, \alpha_2 = \frac{(j-1)}{1000}, j = 1, 2, \dots, 601$. 在

α_2 的各种取值情况下取定一个值, 通过式(8) 计算企业1 在其决策参数 α_1 各种情况下的值, 最大的累计利润对应的 α_1 值即为企业1 的反应曲线上的一点. 考虑 α_2 的所有情况即可得到一系列点, 依顺序连接这些点即可得到企业1 的反应曲线 LC_1 . 同理可得到企业2 的反应曲线 LC_2 , 如图3 所示. 如果两曲线相交, 其交点(用 α^{L^*} 表示) 即为 Nash 均衡点 $\alpha^{L^*} = (\alpha_1^{L^*}, \alpha_2^{L^*})$. Nash 均衡点的个数与参数取值有关, 在上述参数取值下反应曲线有惟一 Nash 均衡点(0.235, 0.210). 该均衡点是企业1 和企业2 以累计利润为收益(或支付) 时的最优战略组合. 该均衡点对应的累计利润为 $L_i^T =$

(392.048 3, 363.098 9). 由上述参数取值下 Nash 均衡点的稳定域(如图4 所示) 可以看出, 以累计利润为收益时的均衡点对应的决策参数值位于决策参数的稳定区域内, 企业1 和企业2 的产量和利润都收敛于均衡结果, 而且是稳定的. 所以这样战略组合下企业1 和企业2 的累计利润也是稳定的. 若初始产量等于均衡产量 $E^* = (1.822 8, 1.708 9)$, 其对应的累计利润 $(L_1^T(Q_0^{L^*}), L_2^T(Q_0^{L^*})) = (392.037 8, 362.862 9)$. 经比较可以发现, 初始产量为(1.5, 1.5) 时的累计利润非常接近均衡产量处的利润, 这是因为 $\alpha_1^{L^*} = 0.235 > 0.1, \alpha_2^{L^*} = 0.21 > 0.1$ 时初始产量很快收敛到均衡产量的缘故. 进一步可发现, 虽然初始产量(1.5, 1.5) 小于均衡产量, 但其对应的累计利润却大于初始产量等于均衡产量时的累计利润, 这类似于典型的囚徒困境问题^[16].

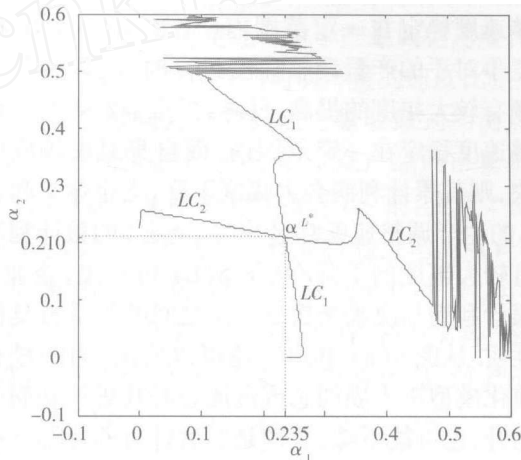


图3 以累计利润作为收益时的反应曲线

Fig.3 The response curves as aggregate profits are payoff

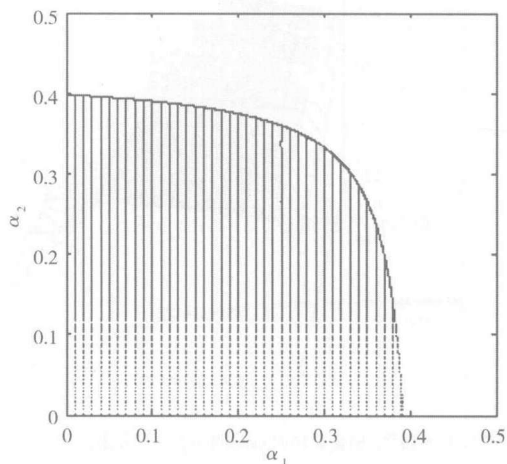


图4 Nash 均衡点 E^* 的稳定域

Fig.4 The stable region of Nash equilibrium E^*

3 产量竞争演化模型在周期态及混沌态的表现

仍然用数值仿真对产量竞争演化模型在均衡态、周期态及混沌态的表现进行评价。从图 5(a)和(b)可以看出,当决策参数 α_1 、 α_2 的取值较小(决策参数 α_1 、 α_2 在 Nash 均衡产量 E^* 的稳定域内取值)时,即企业对生产的调整速度较小时,企业 1 和企业 2 的前 100 期的累计利润变化不大。但是当企业对生产的调整速度过大时,企业的累计利润会呈现非常复杂的性态。这主要是因为企业对市场的过快反应使得产量竞争演化模型(4)经分岔进入周期波动(周期 > 1 ,下同)和混沌态而引起。从图 5(a)可以看出:当企业 1 自身的产量调整速度稳定在一定范围内(比如 α_1 小于 0.4)而竞争对手的产量调整速度过高时,其累计利润总额有较大幅度的提高;反之,当竞争对手的产量调整速度稳定在一定范围内,而自身对市场反应过快,则其累计利润会大幅度下降;当企业 1 和企业 2 的生产调整速度都过快时,企业 1 的累计利润也有较大幅度的下降。从图 5(b)可看出,企业 2 的累计利润与决策参数 α_1 、 α_2 之间的关系有类似的性质。从图 5(a)和(b)还可以看出,当产量竞争演化模型进入周期态或混沌态时其累计利润可能上升,也可能下降,关键是要看针对的是哪个参

与者以及系统的波动是由谁引起的,如果是因竞争对手对市场的过快反应而引起的,则该参与者可坐收鱼翁之利,这可由近期内企业和竞争对手的利润变化情况得到判断。当然如果市场信息是完全的、竞争对手是理性的,他(她)当然不会坐视这种情况的持续发生,必定会降低自己的生产调整速度。经过参与者之间的博弈,最后向图 3 的 Nash 均衡点收敛。参与者之间更不能盲目模仿,如果在市场竞争中,某一企业见竞争对手加快生产调整速度,自己也跟着加快生产调整的步伐,则很可能“两败俱伤”,导致双方累计利润都减少。以上分析同时说明,系统进入周期波动或混沌是有害的还是有益的还与不同的经济主体有关,同属于一个系统的不同经济主体,该系统的波动可能对有的经济主体有利,而对有的经济主体则有害。

接下来观察行业的累计利润(企业 1 和企业 2 的累计利润之和)与决策参数的关系(图 6)。从该图可以看出当所有参与者的产量调整速度都稳定在一定范围内(决策参数 α_1 、 α_2 在 Nash 均衡产量 E^* 的稳定域内取值)时,行业的累计利润并无大的变化,但是当任一参与者的产量调整速度加快,模型(4)进入周期波动或混沌区域时,行业累计利润出现下滑并上下波动。尤其在 Nash 均衡 E^* 的稳定域外所有参与者的生产调整速度都过快时,行业累计利润下降得更快。所以如果从整个行业的角度考虑,不管模型(4)的周期波动或混沌是由哪一种情况引起的,系统的表现都是不好的。

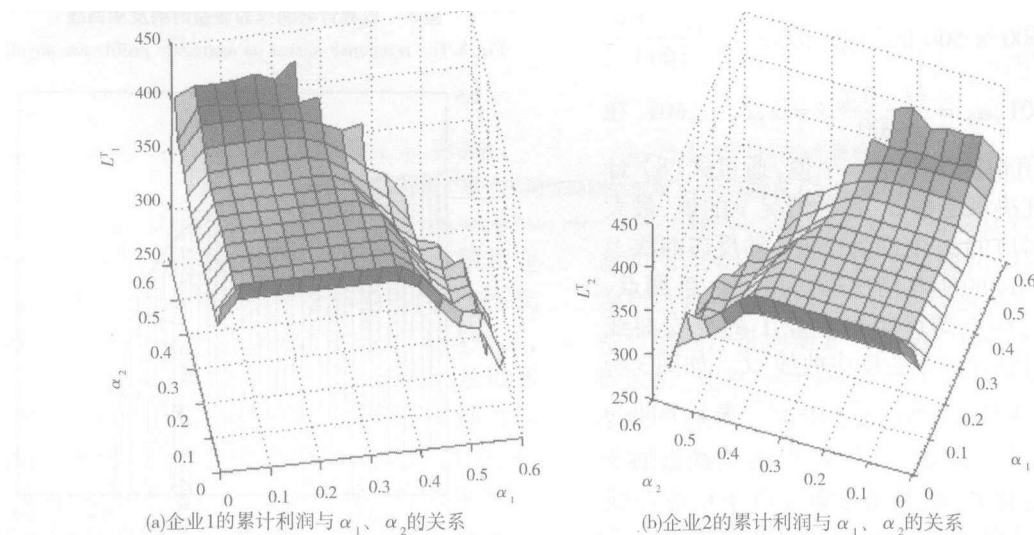


图 5 参与者的累计利润随 α_1 、 α_2 变化时的 3 维图
 Fig. 5 The three-dimensional diagram of players' aggregate profits as α_1 and α_2 vary

从图5(a)和(b)还可看出,在 E^* 稳定域内当 α_1 或 α_2 取值很小(即靠近横轴或纵轴)时,不管是企业1还是企业2,其累计利润与在稳定域内当 α_1 、 α_2 的取值都较大时对应的累计利润相比有升、降,这与初始产量的取值及初始产量收敛到均衡产量的速度快慢有关.以初始产量 $Q_0 = (1.5, 1.5)$ 为例,从图5(a)可以看出:当 α_1 、 α_2 取值都比较小或 α_2 取值比较小且 α_1 在稳定域内取值比较大时,企业1的累计利润高于在 E^* 的稳定域内当 α_1 和 α_2 都较大(比如 $\alpha_1 > 0.04$ 且 $\alpha_2 > 0.04$,下同)时对应的累计利润;当企业1对产量的调整速度小到一定程度且企业2对产量的调整速度较大且在 E^* 的稳定域内取值时,则企业1的累计利润低于在 E^* 的稳定域内当 α_1 和 α_2 都较大时对应的累计利润.从图5(b)可看出企业2的累计利润与决策参数 α_1 、 α_2 之间有类似的关系.下面对参与者的累计利润在 E^* 的稳定域内的升降作尽可能合理的解释.

1) 当 α_1 、 α_2 在 E^* 的稳定域内取值都比较大时,比如都大于0.04,由上面的分析知,这时初始产量很快收敛到均衡产量,所以累计利润差异不大,都接近初始产量为均衡产量时的累计利润,形成了图5(a)和(b)中的平坦部分.这一现象说明,虽然由于市场信息的不完全而导致博弈主体几乎不可能选择Nash均衡产量 E^* ,但可以在一定范围内选择决策参数 α_i 来弥补.

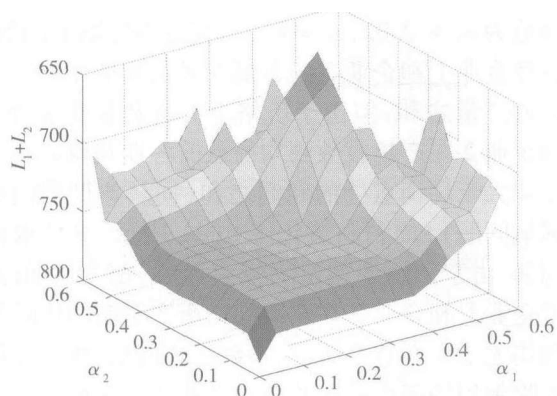


图6 行业的累计利润与 α_1 、 α_2 的3维图

Fig. 6 The three-dimensional diagram of industry's aggregate profits, α_1 and α_2

2) 当企业1对产量的调整速度 α_1 小到一定程度,企业2对产量的调整速度 α_2 较大,且在 E^* 的稳定域内取值时,经过大量的数值模拟发现,在收敛到均衡产量前,企业1和企业2的各期产量之和低于均衡点处的产量和,如产量演化图7所示(参数取值为 $\alpha_1 = 0.02$, $\alpha_2 = 0.1$,其它参数取值同前).虽然企业1和企业2的各期产量之和低于均衡点处的产量和,但由于价格上的优势使得企业1和企业2在产量收敛到均衡点前各期获得的利润之和大于均衡点处的利润之和(这也是典型的囚徒困境问题),如利润演化图8(a)所示(参数取值同前).由于初始产量及决策参数 α_1 的取值使得企业1在收敛到均衡产量前的边际利润均大于0,如图8(b)(参数取值同前),所以在产量收敛到均衡点前,企业1的每期产量是逐渐增加的.但由于 α_1 的取值过小,产量增量很小,增速很慢,如图7所示.但企业2由于产量调整速度比企业1快,所以产量收敛到均衡产量的速度比企业1快,产量增量较大,同时,在产量收敛到均衡点前产品的市场价格 P' 高于均衡点产品的市场价格 P_* ,所以在产量收敛到均衡点 E^* 前,企业2由于产量上的“相对优势”可以获得超过均衡点 E^* 处对应的利润,即 $P'q_2 - C_2(q_2) > P_*q_2^* - C_2(q_2^*)$.而企业1由于产量上的“相对劣势”获得的利润低于均衡点 E^* 处对应的利润,即 $P'q_1 - C_1(q_1) < P_*q_1^* - C_1(q_1^*)$,如图8(a).

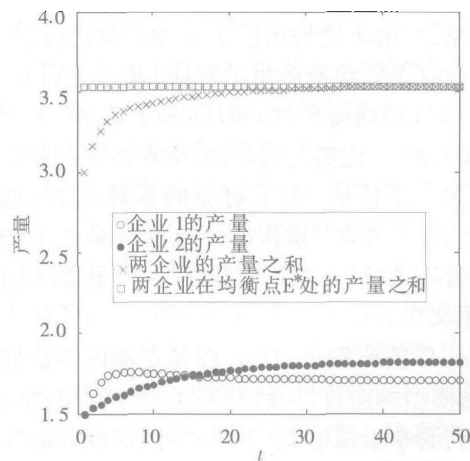


图7 $\alpha_1 = 0.02$ 、 $\alpha_2 = 0.1$ 时的产量演化比较

Fig. 7 The contrast of output evolution with $\alpha_1 = 0.02$ and $\alpha_2 = 0.01$

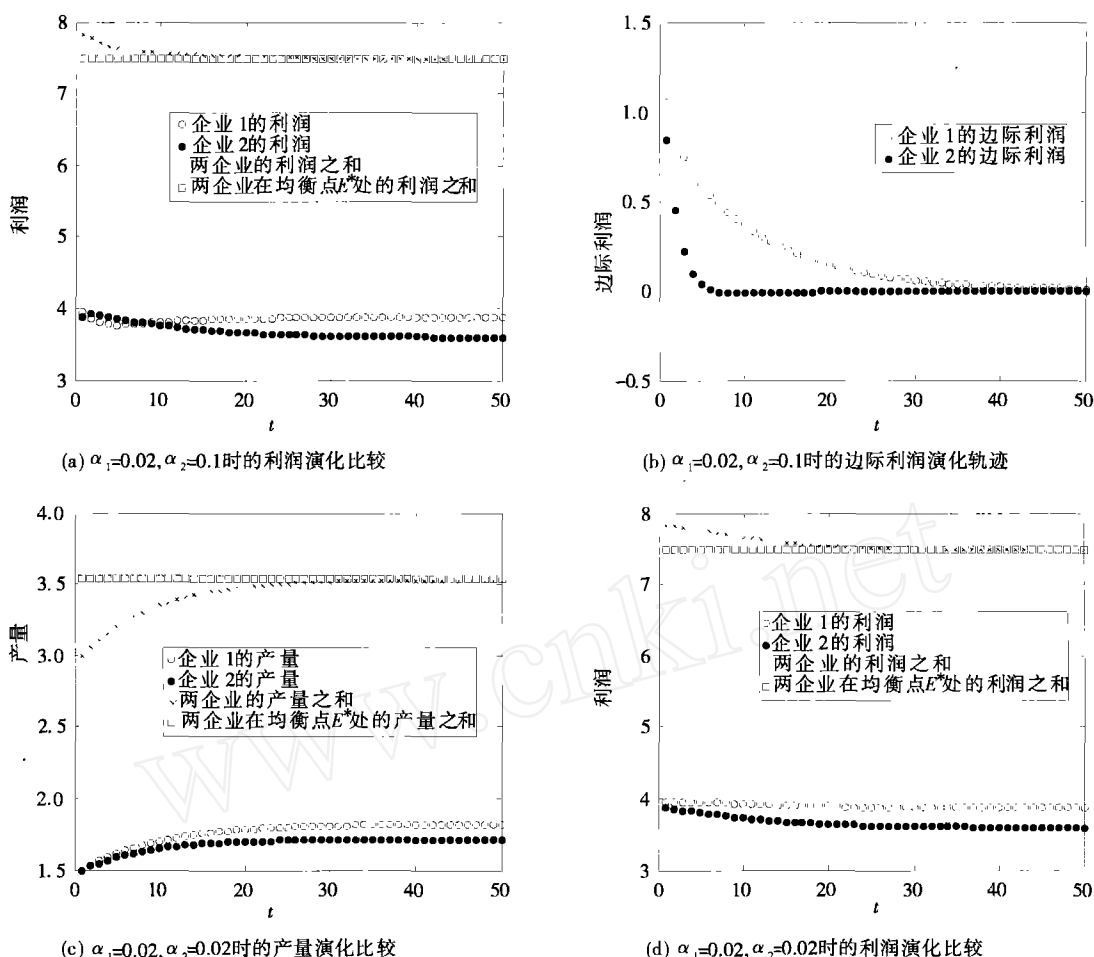


图8 不同情形下参与者的产量与产量之和,利润与利润之和、边际利润演化比较

Fig. 8 The respective comparisons of output evolution, profits evolution, and marginal profits evolution under different condition

α_1 取值的大小直接影响这一“优势”、“劣势”持续的期间,在 E^* 的稳定域内, α_1 取值越小,持续时间越长.由于这种情形下 α_1 的取值直接影响初始产量收敛到均衡产量的时间,又因为当 $\alpha_1 < 0.04$ 时收敛到均衡产量的时间大于情形 1) 下所需的时间,故:“优势”累积的结果使得企业 2 的累计利润大于情形 1) 下对应的累计利润,如图 5(b) 所示;“劣势”累积的结果使得企业 1 的累计利润小于情形 1) 下对应的累计利润,如图 5(a) 所示.

3) α_2 取值比较小、且 α_1 在稳定域内取值比较大时,由模型的对称性及情形 2) 的分析知;企业 2 的累计利润小于情形 1) 下对应的累计利润,如图 5(b) 所示;企业 1 的累计利润大于情形 1) 下对应的累计利润,如图 5(a) 所示.

4) 当企业 1 和企业 2 对产量的调整速度都比较小时,经过大量的数值模拟发现,在收敛到均衡

产量前,企业 1 和企业 2 的各期产量之和低于均衡点处的产量之和,如产量演化图 8(c) 所示,参数取值为 $\alpha_1 = 0.02, \alpha_2 = 0.02$,其它参数取值同前.虽然企业 1 和企业 2 的各期产量之和低于均衡点处的产量之和,但由于价格上的优势使得企业 1 和企业 2 在产量收敛到均衡点前各期获得的利润之和大于均衡点处的利润之和(同属典型的囚徒困境问题),如利润演化图 8(d) 所示,参数取值同前.由于初始产量及决策参数 α_1, α_2 的取值使得企业 1 和企业 2 在收敛到均衡产量前的边际利润均大于 0,如图 9 所示,参数取值同前,所以在产量收敛到均衡点前企业 1 和企业 2 的每期产量是逐渐增加的,但由于 α_1, α_2 的取值都很小,产量增量很小,增速很慢,如图 8(c) 所示.在产量收敛到均衡点前,由于企业 1 和企业 2 的各期产量之和低于均衡点处的产量之和,产品的市场价格 P^t 高于均衡点处产品的市场价格 P_* ,所以在产量收敛到

均衡点 E^* 前,企业1和企业2共享因市场价格高于 P_* 而带来的好处,其获得的利润均超过均衡点 E^* 处对应的利润,即 $P^*q_1 - C_1(q_1) > P_*q_1^* - C_1(q_1^*)$, $P^*q_2 - C_2(q_2) > P_*q_2^* - C_2(q_2^*)$,如图8(d)所示.而 α_1, α_2 取值的大小直接影响初始产量收敛到均衡产量的时间,又由上文分析知,当 α_1, α_2 取值都很小(比如都小于0.04)时收敛到均衡产量的时间大于情形1)下所需的时间,上述“优势”累积的结果使得企业1和企业2的累计利润大于情形1)下对应的累计利润,如图5(a)、(b)所示.当初始产量取其它值时,可按照参与者初始产量取值及收敛到均衡产量的快慢作类似分析.

由上述分析可知,情形2)、3)、4)下,在参与者的产量收敛到均衡点 E^* 前,所有参与者各期的利润之和均大于均衡点 E^* 对应的利润之和,又由于决策参数的取值使得后三种情形下初始产量收敛到均衡点 E^* 的时间大于情形1),所以使得后3种情形下所有参与者的累计利润之和大于情形1)下对应的累计利润之和,即当 α_1 或 α_2 取值小到一定程度时,企业1和企业2的累计利润之和大于 α_1 和 α_2 都较大时对应的累计利润之和,使得行业累计利润在稳定域靠近横轴和纵轴的边界上出现上扬,如图6所示.

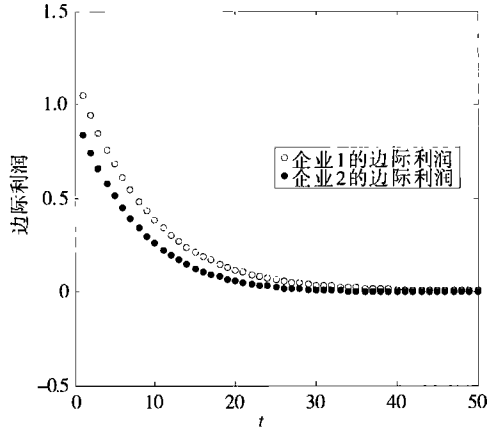


图9 $\alpha_1 = 0.02, \alpha_2 = 0.02$ 时的边际利润轨线

Fig.9 The marginal profit curve with $\alpha_1 = 0.02$ and $\alpha_2 = 0.02$

表1 产量调整速度博弈

Table 1 The game of output adjustment speed

		企业2	
		$\alpha_2 = 0.02$	$\alpha_2 = 0.2$
企业1	$\alpha_1 = 0.02$	392.96, 366.12	390.41, 367.16
	$\alpha_1 = 0.2$	394.75, 362.27	392.05, 363.16

从博弈的角度讲,情形2)、3)、4)是不稳定

的,虽然当 α_1, α_2 都比较小时,企业1和企业2获得的累计利润都大于当 α_1, α_2 都比较大时的累计利润,但当参与者之一单方面适当增加产量的调整速度,在初始产量收敛到均衡产量 E^* 前,该参与者却可以独享行业利润大于均衡点处的行业利润带来的好处,而另一参与者却因所获得的利润低于均衡点的利润而处于“劣势”,所以博弈的结果是参与者都会适当增大产量的调整速度.以参与者的累计利润作为各参与者的收益,以 $\alpha_1 = 0.02, \alpha_1 = 0.2, \alpha_2 = 0.02, \alpha_2 = 0.2$ 为例对这一结果进一步说明.表1给出了这一博弈的战略式表述,假定每个参与者都有两种战略:选择产量调整速度0.02或0.2.表中每一格的两个数字代表对应战略组合下两个参与者的收益,其中第1个数字是企业1的收益,第2个数字是企业2的收益.在这个例子中,企业1的最优选择都是 $\alpha_1 = 0.2$;企业2的最优选择是 $\alpha_2 = 0.2$,这也是典型的囚徒困境问题,反映了个人理性与集体理性的矛盾.如果企业1和企业2都选择产量调整速度0.02,获得的收益都比选择 $\alpha_i = 0.2, i = 1, 2$ 时的收益多.但企业1和企业2都不会去选择 $\alpha_i = 0.02, i = 1, 2$,因为它不符合个人理性的要求.以上分析说明企业1和企业2都会在图形5(a)或(b)中平坦部分对应的区域内选择产量调整速度,所以Nash均衡点 E^* 真正稳定的区域比一般意义上的稳定域(参见图4)要小.

4 结论与启示

由于企业组织竞争中涉及不同的经济主体,决策参数由不同的参与者控制,参与者的选择不仅对自身的评价指标有影响,而且对他人的评价指标也有影响,所以与1维情形相比,系统在周期态和混沌态的表现具有许多新的特性.

通过决策参数在稳定域内的取值对初始产量收敛到Nash均衡点的速度的影响分析发现:当初始产量在均衡产量的一定范围内取值、决策参数在均衡产量的稳定域的某范围内取不同值时,累计利润的值相差很小,说明经济主体在决策参数及初始产量的选择上有很大的选择余地.也就是说评价指标在一定范围内对决策参数及初始产量是不敏感的.

以累计利润作为参与者的收益,运用数值模

拟的方法画出反应曲线及其交点,展示了最优战略组合处于均衡产量的稳定域内。

用3维模拟图对产量竞争演化模型在周期态和混沌态的表现进行了分析,结果显示,不同评价指标下模型处于周期态、混沌态时的表现并不一致,但至少对某一参与者来说是不利的。总的说来该模型由倍周期分岔所导致的复杂性是有害的,参与者应采取措施。如果模型进入倍周期分岔只因参与者自身对生产的调节速度过快而引起的,则对自身有害,应采取控制措施;反之,只是由竞争对手对生产的调节速度过快而导致的,则对企业自身来说是有益的,企业应加以利用;如果是由于所有参与者引起的,则有责任共同采取控制措施。

决策参数对初始产量收敛速度的影响及博弈论中的囚徒困境问题是形成3维模拟图中坐标轴两侧不平坦区域的主要机制,评价指标对决策参

数在一定范围内的不敏感性形成了3维模拟图中的平坦区域,同时用博弈论的知识分析发现:Nash均衡产量的实际稳定区域比一般意义上的稳定区域要小,这一结果对传统确定企业组织竞争模型中Nash均衡点稳定域的方法提出了质疑。因为现有文献一般都是按照Jury判别条件^[3]和决策参数的经济含义(在本文中取值为正数)来确定Nash均衡点的稳定域,没有考虑参与者的理性对决策参数选择的影响。而由本文的分析知,参与者的个人理性会使得按照这一方法确定的Nash均衡点的稳定域中的某些参数(通常靠近两坐标轴)并不稳定,所以本文认为:在确定企业组织竞争模型中Nash均衡点稳定域时,还应考虑博弈过程中参与者的理性影响。在确定企业组织竞争模型中Nash均衡点稳定域的现有方法中如何体现参与者的理性影响,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Agiza H N. On the analysis of stability, bifurcation, chaos and chaos control of Kopel map[J]. *Chaos, Solitons and Fractals*, 1999, 10(11): 1909—1916.
- [2] Agiza H N, Hegazi A S, Elsadany A. The dynamics of Bowley's model with bounded rationality[J]. *Chaos, Solitons and Fractals*, 2001, 12(9): 1705—1717.
- [3] Agiza H N, Hegazi A S, Elsadany A A. Complex dynamics and synchronization of a duopoly game with bounded rationality [J]. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2002, 58(2): 133—146.
- [4] Bischi G I, Kopel M. Multistability and path dependence in a dynamic brand competition model[J]. *Chaos, Solitons and Fractal*, 2003, 18(3): 561—576.
- [5] Chichilnisky G, Heal G, Yun L. Chaotic Price dynamics, increasing returns and the Phillips curve[J]. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1995, 27(2): 279—291.
- [6] 盛昭瀚, 李煜, 陈国华, 等. 企业RD投入动态竞争系统的全局复杂性分析[J]. *管理科学学报*, 2006, 9(3): 1—9. Sheng Zhaohan, Li Yu, Chen Guohua, et al. Global complexity of a RD dynamic competition model[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2006, 9(3): 1—9. (in Chinese)
- [7] 宋华岭, 刘全顺, 刘丽娟等. 管理熵理论——企业组织管理系统复杂性评价的新尺度[J]. *管理科学学报*, 2003, 6(3): 19—27. Song Hualin, Liu Quanshun, Liu Lijuan, et al. Management entropy-the assessment metric of management system complexity for enterprise[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2003, 6(3): 19—27. (in Chinese)
- [8] Huang W H. Caution implies profit[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 1995, 27(2): 257—277.
- [9] Kopel M. Improving the performance of an economic system; Controlling chaos[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 1997, 7(3): 269—289.
- [10] Yu Y J. Competition hatch butterfly attractors in foreign[J]. *Physica A*, 2005, 348(4): 380—388.
- [11] 杜建国, 盛昭瀚, 姚洪兴. 一类混沌经济模型的直线控制法研究[J]. *系统工程学报*, 2005, 20(4): 335—343. Du Jianguo, Sheng Zhaohan, Yao Hongxing. Study on straight-line stabilization method for a class of chaotic economic model [J]. *Journal of Systems Engineering*, 2005, 20(4): 335—343. (in Chinese)
- [12] 杜建国, 盛昭瀚, 姚洪兴. 一类混沌经济模型的阈值控制法研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(10): 27—32, 91.

- Du Jianguo, Sheng Zhaohan, Yao Hongxing. Study on threshold stabilization method for class of chaotic economic model [J]. *Systems Engineering theory & Practice*, 2004, 24(10): 27—32, 91. (in Chinese)
- [13] 杜建国, 盛昭瀚, 姚洪兴. 一类量本利模型的混沌表现评价[J]. *系统工程理论与实践*, 2005, 25(6): 94—99, 113.
- Du Jianguo, Sheng Zhaohan, Yao Hongxing. Performance measures of chaos for class of model of cost, sales volume and profits[J]. *Systems Engineering-theory & Practice*. 2005, 25(6): 94—99, 113. (in Chinese)
- [14] 田玉楚, 席裕庚. 非线性控制和优化系统中的混沌运动[J]. *控制与决策*, 1995, 10(1): 1—7.
- Tian Yuchu, Xi Yugen. Chaotic motion in nonlinear control and parameter-optimized systems[J]. *Control and Decision*. 1995, 10(1): 1—7. (in Chinese)
- [15] 朱新坚, 邵惠鹤. 略论混沌理论与非线性经济学[J]. *系统工程理论方法应用*, 1994, 3(3): 1—5.
- Zhu Xinjian, Shao Huihe. Chaos and nonlinear economics[J]. *System Engineering Theory Methodology Application*, 1994, 3(3): 1—5. (in Chinese)
- [16] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店, 上海人民出版社, 1996.
- Zhang Weiyong. *Game Theory and Information Economics*[M]. Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, Shanghai Remin Press, 1996. (in Chinese)

Performance measures of complexity for class of competition of enterprise

MA Guo-jian, MEI Qiang, DU Jian-guo, LIU Qiu-sheng

School of Business Administration, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China

Abstract: This paper points out we should pay attention to performance of economic entities in various period states and gives the concept of performance measures of complexity. After a Duopoly competition evolutionary model is introduced, numerical simulation is used to analyze the initial output and the decisive parameters' influences on the speed of the system's evolution convergence to Nash equilibrium. Performances of the model in various period states and chaos state are evaluated in this paper by using performance measures of aggregate profits. It is found that the optimal strategy profile locates in the stable region of Nash equilibrium, and aggregate profits are not sensitive to initial output in certain neighborhood of Nash equilibrium or to the decisive parameters in their majority of stable region of Nash equilibrium. Impact of the decisive parameters on the converging speed of the initial output to Nash equilibrium and the prisoners' dilemma in game theory are the main reason for the yielding of uneven parts in both sides of 3-dimensions simulation figure. The real stable region of Nash equilibrium is smaller than that in general.

Key words: duopoly output competition evolutionary model; Nash equilibrium; performance measure of complexity