

基于投资竞赛的离散模型的动力学行为分析

罗晓曙^{1,2}, 汪秉宏², 陈关荣³

(1. 中国科技大学近代物理系, 合肥 230026; 2. 广西师范大学物理与电子科学系, 桂林 541004;
3. 香港城市大学, 中国香港)

摘要: 首先为同类企业的投资竞赛建立了一个离散非线性动力学模型, 然后深入研究了该模型不动点的稳定性及各种分岔与混沌行为, 并分析了系统的非线性动力学性质所表现的经济学意义. 研究表明: 随着系统参数的增大, 该离散非线性模型通过准周期过渡和倍周期分岔两种途径通向混沌, 并能较好地解释同类企业因竞争而导致经济规模此消彼长的社会经济现象.

关键词: 投资竞赛; 离散非线性动力学模型; 分岔; 混沌

中图分类号: C931.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 9807(2004)03 - 0007 - 06

0 引言

在经济理论研究中, 借助数学模型研究经济活动的规律已成为经济学家、管理学家的一种重要方法, 如金融市场中的争当少数者博弈模型^[1,2]; 现代经济增长和经济发展中的“J - 曲线”^[3~7]; 经济系统和资本市场的混沌动力学分析^[8~12]、财产管理混沌模型^[13]、技术扩散模型^[14]中的混沌等这些都是近年来经济学模型研究的学术热点.

在现代经济活动中, 存在着大量的由于相互竞争而导致此消彼长、消亡(破产)等事件. 经济规模、生产能力和技术水平本来旗鼓相当的具有竞争性的同类企业, 在很短的时间内, 其竞争力和经济实力相互之间会发生巨大的变化: 有的企业成为本行业的龙头、巨人, 而有的企业则生产萎缩甚至破产消亡. 为了借助数学模型来描述这种经济现象, 以往人们主要采用线性连续模型, 例如诱发投资与加速发展的微分方程^[15]. 由于连续线性模型的最终行为是确定性的, 它不能解释经济复杂系统出现的各种不可预测和不可控制的随机结果. 但是, 非线性系统的行为是极其复杂的, 在一

定参数条件下会出现类似随机的不确定结果(混沌), 因此用非线性模型描述经济活动中的复杂现象无疑能更真实更准确地反映社会经济活动的规律和结果. 本文所做的工作就是力图为同类企业的投资竞赛建立一个离散非线性动力学模型, 并研究其动力学性质所表现出的经济学意义.

1 理论模型的提出

一个企业的兴衰, 虽然有很多因素, 但投资是关键, 因为投资是扩大生产能力和提高产品技术含量的主要手段(这里讲的投资不仅指设备、厂房、原材料投资, 也包括技术改造、人才引进、管理手段等投资). 因此, 本文从投资竞争入手建立相关数学模型.

将一个企业某年的投资总额分为两部分: 一部分投资额受自己前一年投资规模的影响, 这一部分投资额称为投资惯性项, 以 $(1 - \alpha)$ 为惯性因子; 另一部分投资额受竞争对手前一年投资额的影响, 这一部分投资额称为投资刺激项, 以 β 为刺激因子, 惯性因子与刺激因子之和为 1.

考虑两个双边竞争的同类企业 X 和 Y . 假定

收稿日期: 2002 - 09 - 10; 修订日期: 2004 - 03 - 16.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10247005; 70271070); Hong Kong Research Grants Council (CityU 1018/01E).

作者简介: 罗晓曙(1961 -), 男, 湖北应城人, 博士, 教授.

投资竞赛从某个时期开始,这里时期取为年.以变量 x_n 和 y_n 分别表示企业 X 和 Y 第 n 年的投资规模与企业总产出的比率, $0 < x_n, y_n < 1$. 即一方面一个企业在下一年的投资依赖于它的对手今年的投资情况,因此可以假设 x_{n+1} 正比于 y_n , 同样 y_{n+1} 正比于 x_n ; 但是若对手今年投资较多时,它下一年投资增加的速度就要减慢,这是受企业总的经济实力的限制,这样就必须假定 x_{n+1} 正比于 $1 - y_n$, 同样 y_{n+1} 正比于 $1 - x_n$; 另一方面,一个企业下一年的投资也要受今年投资的影响,所以可假设 x_{n+1} 正比于 x_n , y_{n+1} 正比于 y_n . 这样就得到两个同类企业投资竞赛的时间离散非线性模型

$$\begin{cases} x_{n+1} = \mu y_n(1 - x_n) + (1 - \mu)x_n \\ y_{n+1} = \mu x_n(1 - y_n) + (1 - \mu)y_n \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\mu \in (0, 4]$ 为模型的参数,反映投资双方的投资比例关系; μ 为刺激因子 ($0 < \mu < 1$), 反映竞争一方受对手投资影响的强度; $1 - \mu$ 为惯性因子,反映该企业前一年的投资对下一年投资的影响强度.

2 模型求解与动力学行为分析

2.1 不动点的求解

令 $x_{n+1} = x_n = x^*$, $y_{n+1} = y_n = y^*$, 则系统

(1) 的不动点满足的方程为

$$\begin{cases} x^* = \mu y^*(1 - x^*) \\ y^* = \mu x^*(1 - y^*) \end{cases} \quad (2)$$

解上述方程,得式(1)的四个不动点的值为

$$\begin{aligned} P_1(0, 0), P_2\left(1 - \frac{1}{\mu}, 1 - \frac{1}{\mu}\right), \\ P_3\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2\mu} + \frac{1}{2} \sqrt{\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\left(1 - \frac{3}{\mu}\right)}, \right. \\ \left. \frac{1}{2} + \frac{1}{2\mu} - \frac{1}{2} \sqrt{\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\left(1 - \frac{3}{\mu}\right)}\right), \\ P_4\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2\mu} - \frac{1}{2} \sqrt{\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\left(1 - \frac{3}{\mu}\right)}, \right. \\ \left. \frac{1}{2} + \frac{1}{2\mu} + \frac{1}{2} \sqrt{\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\left(1 - \frac{3}{\mu}\right)}\right) \end{aligned}$$

显然,不动点 P_3, P_4 的存在性条件为 $\mu > 3$.

2.2 不动点的稳定性分析

应强调:讨论上述各不动点的稳定性时,应同时考虑参数 μ 的取值范围及不动点(例如 P_3, P_4) 的存在性条件. 为了便于分析各个不动点的

稳定性,首先求出式(1)不动点处线性化矩阵特征值满足的一般方程.

式(1)在不动点 (x^*, y^*) 处的雅可比矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} 1 - \mu & \mu - 2\mu \\ \mu - 2\mu & 1 - \mu \end{bmatrix} \quad (3)$$

矩阵 J 的特征方程为

$$|I - J| = 0 \quad (4)$$

将式(3)代入式(4)得

$$\left(1 - (1 - \mu)\right)^2 - (2\mu - \mu)(2\mu - \mu) = 0 \quad (5)$$

由非线性动力学的有关理论可知:当特征方程(5)的解 λ_1, λ_2 满足 $|\lambda_i| < 1$ 时,式(1)的不动点 (x^*, y^*) 为稳定不动点;当 $\lambda_1 = -1$ 或 $\lambda_2 = -1$ 时,在不动点 (x^*, y^*) 处发生倍周期分岔^[15]. 下面根据上述稳定性条件和分岔条件分别讨论各不动点的稳定性及分岔情况.

1) 不动点 P_1 的稳定性分析

对于不动点 P_1 ,特征方程式(5)的解为 $\lambda_1 = \mu + 1 - \mu = 1$, $\lambda_2 = -\mu + 1 - \mu = 1 - 2\mu$, 而其稳定性条件由特征方程式(5)的两个特征根 $|\lambda_i| < 1$ 确定,即求不等式组

$$\begin{cases} |\mu + 1 - \mu| < 1 \\ |-\mu + 1 - \mu| < 1 \end{cases} \quad (6)$$

的解. 上式的公共解为 $0 < \mu < 1$, 故 $P_1(0, 0)$ 的稳定性与参数 μ 的取值无关. 当参数 $\mu = 1$ 时,不动点 P_1 失稳,发生倍周期分岔的条件为 $\lambda_1 = -1$ 或 $\lambda_2 = -1$, 即要求 $\mu = -2$ 或 $\mu = 2 - \mu \Rightarrow \mu = 1$. 由于 $0 < \mu < 1$, 故以上两个条件均不能满足,因此不动点 P_1 失稳后,不会发生倍周期分岔,如图 1 ~ 4 所示.

2) 不动点 P_2 的稳定性分析

对于不动点 P_2 ,将其值代入特征方程式(5), 得其解为 $\lambda_1 = \mu + 1 - 3 = \mu - 2$, $\lambda_2 = -\mu + 1 + \mu = 1$, 因而该不动点的稳定性条件由下列不等式组决定

$$\begin{cases} |\mu - 2 + 1| < 1 \\ |-\mu + 1 + 1| < 1 \end{cases} \quad (7)$$

解上述不等式组,得 P_2 的稳定性条件为 $1 < \mu < 3$, 即不动点 P_2 的稳定性也与参数 μ 的取值无关. 当 $\mu = 3$ 时, P_2 失稳,发生倍周期分岔的条件为 $\lambda_1 = -1$ 或 $\lambda_2 = -1$. 当 $\mu = 3$ 时,显然 $\lambda_1 = -1$, 要使 $\lambda_2 = -1$, 则必须要求 $\mu = 1$, 而 $0 < \mu < 1$, 故 $\lambda_2 \neq -1$. 因此不动点 P_2 失稳后,同样不会发生倍周期分岔,如图 1 ~ 4 所示.

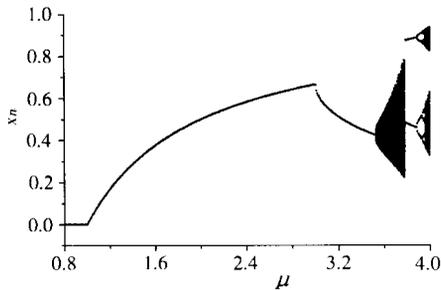


图1 系统(1)中变量 x_n 的分岔图

($\beta = 0.85$, 初值取 $x_0 = 0.9$, $y_0 = 0.1$)

Fig.1 Bifurcation diagram of variable x_n in system 1 with $\beta = 0.85$, initial condition $x_0 = 0.9$, $y_0 = 0.1$

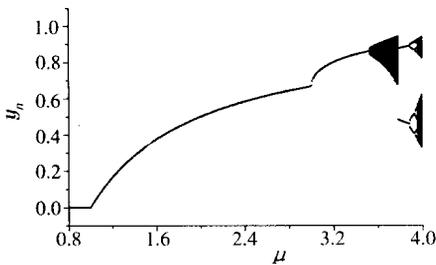


图2 系统(1)中变量 y_n 的分岔图

($\beta = 0.85$, 初值取 $x_0 = 0.9$, $y_0 = 0.1$)

Fig.2 Bifurcation diagram of variable y_n in system 1 with $\beta = 0.85$, initial condition $x_0 = 0.9$, $y_0 = 0.1$

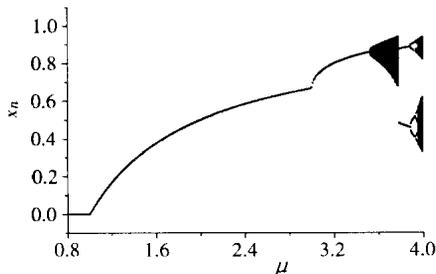


图3 系统(1)中变量 x_n 的分岔图, $\beta = 0.85$

($\beta = 0.85$, 初值取 $x_0 = 0.1$, $y_0 = 0.9$)

Fig.3 Bifurcation diagram of x_n in system 1 with $\beta = 0.85$, initial condition $x_0 = 0.1$, $y_0 = 0.9$

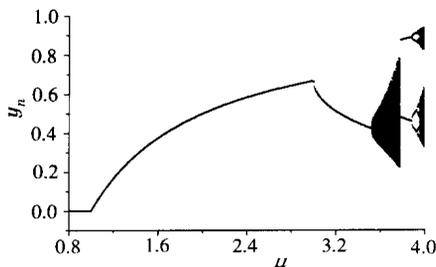


图4 系统(1)中变量 y_n 的分岔图, $\beta = 0.85$

($\beta = 0.85$, 初值取 $x_0 = 0.1$, $y_0 = 0.9$)

Fig.4 Bifurcation diagram of y_n in system 1 with $\beta = 0.85$, initial condition $x_0 = 0.1$, $y_0 = 0.9$

3) 不动点 P_3 、 P_4 的稳定性分析

由于将不动点 P_3 、 P_4 的值代入特征方程(5)中,其方程完全相同,故不动点 P_3 、 P_4 的稳定性相同,因此只需要对 P_3 、 P_4 中任意一个不动点的稳定性进行讨论即可.但二者稳定的吸引域不同,即此时系统(1)的稳态解究竟是 P_3 还是 P_4 ,取决于所取的初始条件,如图1~4所示.将不动点 P_3 的值代入特征方程(5),得其特征值的解为

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 1 - \beta + 2\sqrt{1 - \frac{1}{4}\mu^2 + \frac{1}{2}\mu}, \\ \lambda_2 &= 1 - \beta - 2\sqrt{1 - \frac{1}{4}\mu^2 + \frac{1}{2}\mu} \end{aligned} \quad (8)$$

不动点 P_3 、 P_4 的稳定性由 $|\lambda_{1,2}| < 1$ 及其存在性条件 $\mu > 3$ 共同决定,由此不动点 P_3 、 P_4 的稳定性条件由下列不等式组决定

$$\begin{cases} |1 - \beta + 2\sqrt{1 - \frac{1}{4}\mu^2 + \frac{1}{2}\mu}| < 1 \\ |1 - \beta - 2\sqrt{1 - \frac{1}{4}\mu^2 + \frac{1}{2}\mu}| < 1 \end{cases}, \mu > 3 \quad (9)$$

考虑 $\lambda_{1,2}$ 可为实根和共轭复根两种情况,解上述不等式组,得不动点 P_3 、 P_4 的稳定性条件为

$$3 < \mu < 1 + \sqrt{4 + 2\beta} \quad (10)$$

当 $\mu = \mu^* = 1 + \sqrt{4 + 2\beta}$, 不动点 P_3 、 P_4 失稳.

显然不动点 P_3 、 P_4 的稳定性不仅与参数 μ 有关,也与参数 β 有关,例如当 $\beta = 0.4$ 时,由式(10)可得,在 $3 < \mu < 4$ 的范围内,不动点 P_3 、 P_4 一直稳定,此时系统无分岔行为,结果如图5所示.

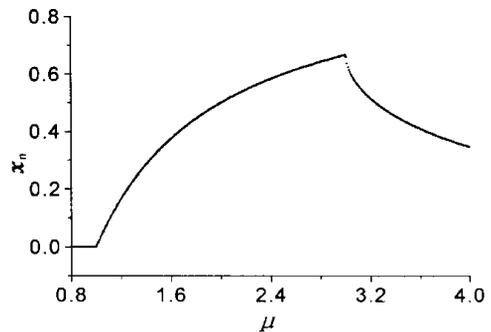


图5 系统(1)中变量 x_n 的分岔图, $\beta = 0.4$, $3 < \mu < 4$

Fig.5 Bifurcation diagram of variable x_n in system 1 with $\beta = 0.85$, $3 < \mu < 4$

2.3 不动点 P_3 、 P_4 失稳后的分岔分析

为了分析不动点 P_3 、 P_4 失稳后发生的分岔情况,有必要对不动点 P_3 、 P_4 在稳定时的性质作进

一步的讨论.

不动点 P_3, P_4 稳定的参数范围由式(10) 决定,

当 $1 - \frac{1}{4}\mu^2 + \frac{1}{2}\mu > 0$, 即 $3 < \mu < 1 + \sqrt{5}$ 时, 特征值 λ_{12} 为相异实根, 此时不动点 P_3, P_4 为稳定结点;

当 $1 - \frac{1}{4}\mu^2 + \frac{1}{2}\mu < 0$, 即 $1 + \sqrt{5} < \mu < 1 + \sqrt{4 + 2}$ 时, 特征值 λ_{12} 为共轭复根, 此时不动点 P_3, P_4 为稳定焦点. 由上述分析可知, 不动点 P_3, P_4 虽然在式(10) 决定的参数范围内稳定, 但随着参数的变化, 其稳定性态发生了变化, 当 $\mu = 1 + \sqrt{5}$ 时, 从稳定结点转变为稳定焦点.

对于二维时间离散系统, 当稳定焦点失稳, 不动点处的雅可比矩阵的特征值 λ_{12} 满足下列条件时

$$| \lambda_1(\mu^*) | = 1, \quad \left. \frac{\partial | \lambda_1(\mu) |}{\partial \mu} \right|_{\mu=\mu^*} > 0 \quad (11)$$

或

$$| \lambda_2(\mu^*) | = 1, \quad \left. \frac{\partial | \lambda_2(\mu) |}{\partial \mu} \right|_{\mu=\mu^*} > 0 \quad (12)$$

发生超临界 Hopf 分岔^[16], 式中 μ^* 为稳定焦点失稳时参数 μ 的值. 由于 λ_{12} 互为共轭复根, 故式(11) 与式(12) 等价.

将式(8) 中的 λ_1 的值和 μ^* 的值代入式(11) 得

$$| \lambda_1(\mu^*) | = 1, \quad \left. \frac{\partial | \lambda_1(\mu) |}{\partial \mu} \right|_{\mu=\mu^*} = \frac{\sqrt{4 + 2/r}}{4} > 0 \quad (13)$$

因此, 不动点 P_3, P_4 从稳定焦点失稳后, 满足发生超临界 Hopf 分岔的条件, 故产生准周期运动, 这一结论可由系统(1) 变量的相轨图、时域图、功率谱图(如图 6 ~ 8 所示) 及 Lyapunov 指数计算结果 ($\mu = 3.6, L_1 = 0.0, L_2 = -2.7814$) 进行判断.

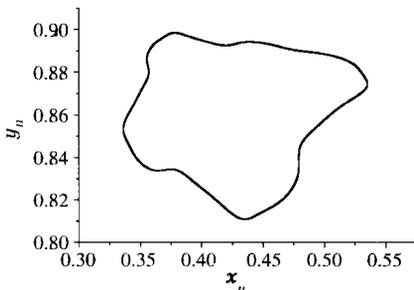


图 6 准周期运动的相图(不变环), $\mu = 0.85, \mu = 3.60$
Fig. 6 Phase diagram of quasi-periodic motion with $\mu = 0.85, \mu = 3.60$

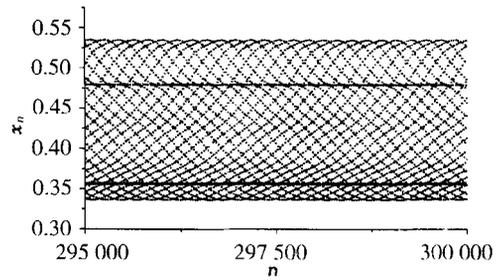


图 7 准周期运动时 x_n 的波形图
Fig. 7 Wave diagram of x_n for quasi-periodic motion

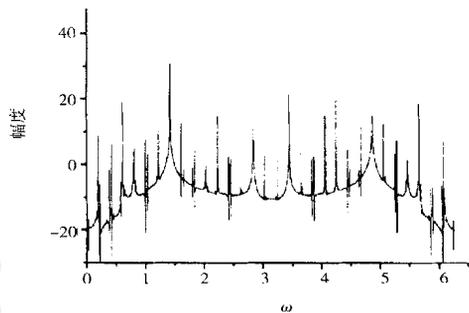


图 8 准周期运动时 x_n 的频谱图
Fig. 8 Spectra diagram of x_n for quasi-periodic motion

3 数值仿真结果与讨论

为验证上述理论分析结果的正确性, 取不同的系统初值, 分别作出系统(1) 的分岔图、相轨图、变量时域图和频谱图, 如图 1 ~ 11 所示, 并计算其 Lyapunov 指数, 结果如图 12 所示. 以下结果是采用固定参数 $\mu = 0.85$, 改变参数 μ 数值求解所得.

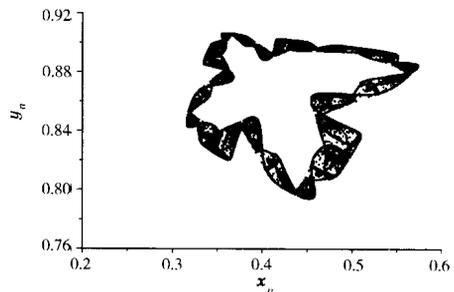


图 9 具有一个正 Lyapunov 指数的混沌吸引子
($\mu = 0.85, \mu = 3.632$)
Fig. 9 Chaotic attractor with one positive Lyapunov exponent for $\mu = 0.85, \mu = 3.632$

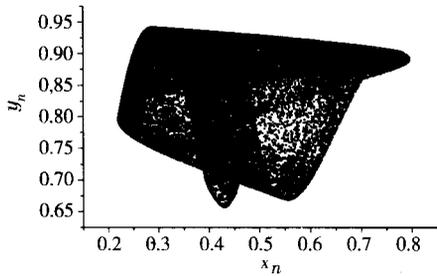


图 10 具有两个正 Lyapunov 指数的超混沌吸引子
($\mu = 0.85, \mu = 3.770$)

Fig. 10 Hyperchaotic attractor with two positive Lyapunov exponents for $\mu = 0.85, \mu = 3.770$

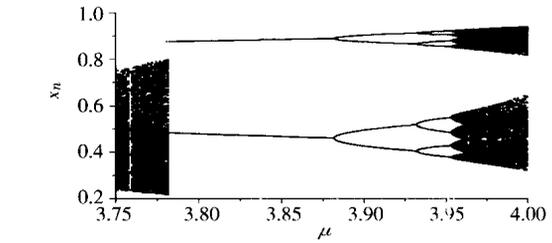
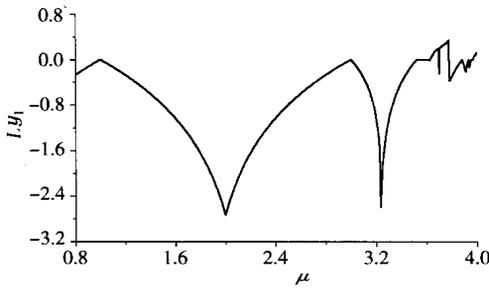


图 11 参数 μ 变化时系统(1) 由倍周期分岔通向混沌图,
 $\mu = 0.85$, 系统的初值取为 $x_0 = 0.9, y_0 = 0.1$

Fig. 11 Chaotic diagram via period-doubling bifurcation for system 1 when parameter μ is varied with $\mu = 0.85$, initial condition $x_0 = 0.9, y_0 = 0.1$

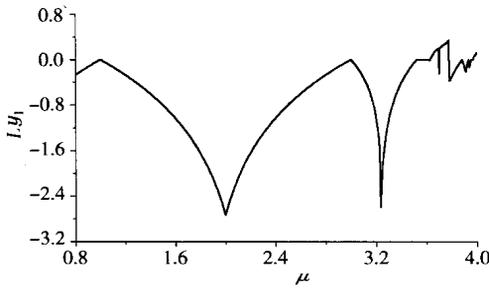


图 12 系统(1) 的 Lyapunov 指数谱($\mu = 0.85$)

Fig. 12 Lyapunov exponents spectra of system 1 with $\mu = 0.85$

由图 1 ~ 4 所示的分岔图可知,在不动点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 失稳处,均没有发生倍周期分岔,这与理论分析结果完全一致.当 $0 < \mu < 3$ 时,竞争双方的投资竞赛基本成均衡态势, $\mu = 3$ 时成为临界转变点;当 $3 < \mu < 1 + \sqrt{4 + 2}$ 时,一方投资竞争力迅速上升,而另一方投资竞争力迅速下降, $\mu = 1 + \sqrt{4 + 2}$ (即 $\mu = 3.5205$) 后,焦点 P_3 、 P_4 失稳,在失稳参数值 $\mu^* = 3.5205$ 处产生超临界 Hopf 分岔,出现准周期运动(如图 6 ~ 8 所示).随着参数 μ 的进一步增加,准周期轨道失稳,首先产生具有一个正 Lyapunov 指数 ($\mu = 3.632$, 其 Lyapunov 指数谱为 $L_1 = 0.025, L_2 = -0.0416$) 的混沌吸引子,如图 9 所示;然后到在有界区域内弥散开来的具有两个正 Lyapunov 指数 ($\mu = 3.776$, 其 Lyapunov 指数谱为 $L_1 = 0.340, L_2 = 0.174$) 的超混沌吸引子,如图 10 所示;接着出现 2 周期(Periodic-2)窗口,并在 2 周期轨道的基础上通过一系列典型的倍周期分岔道路,再次进入混沌,如图 11 所示.

4 结束语

本文以具有竞争性的同类企业投资竞赛为背景,建立了一个二维离散非线性动力学模型.该模型的一个主要动力学性质是:不动点 $P_1 \sim P_4$ 失稳后,均不会发生倍周期分岔,而是随着参数的变化,不动点 $P_1 \sim P_4$ 的稳定性次序依次发生变化,即 P_1 失稳后 P_2 稳定; P_2 失稳后 P_3 、 P_4 稳定; P_3 、 P_4 失稳后经过超临界 Hopf 分岔,进入准周期运动.此后参数 μ 继续增大时,系统(1) 通过两种典型的道路产生混沌:第 1 次是通过准周期失稳产生混沌直至超混沌;第 2 次是通过倍周期分岔产生混沌.稳定不动点 P_2 的经济学含义是:在一定的参数范围内,竞争双方的投资竞赛基本成均衡增长;稳定不动点 P_3 、 P_4 具有更深刻的经济学含义.因为不动点 P_3 、 P_4 在 $3 < \mu < 1 + \sqrt{4 + 2}$ 范围内是系统(1) 的两个稳定吸引子,但二者具有不同的吸引域,即竞争实力原本旗鼓相当的双方,在不同初始投资额度的条件下,一方的投资竞争

力会迅速上升,而另一方的投资竞争力会迅速下降.根据不动点 P_3 、 P_4 的取值和稳定性条件可知, P_3 稳定时, $x > \cdot$; 而 P_4 稳定时, $> x$. 由于不动点 P_3 、 P_4 稳定的吸引域不同,故竞争的双方究竟哪一方竞争取胜,取决于初始条件,如图 1 ~ 4 所示.这说明某年的投资(开始竞争某年)对企业将来的经济状态具有决定性的影响,这种经济现象在当今一些具有高度竞争性的生产领域如家电、

计算机等行业是较为普遍的现象.

本文工作的意义在于,在复杂经济系统的数学建模中考虑了非线性因素,所建立的经济模型的行为极其复杂,它除了有稳定态(不动点)、准周期解以外,在一定条件下,会产生貌似随机的复杂行为,即混沌运动.相对于线性模型,这种离散非线性模型能从本质上更好地模拟经济活动中,存在着大量的由于相互竞争而导致混乱、导致灾难的事件.

参 考 文 献:

- [1]Chalet D, Zhang Y C. Emergence of cooperation and organization in an evolutionary game[J]. *Physica A*, 1997, 246: 407—418.
- [2]全宏俊,汪秉宏,许伯铭,等. Cooperation in the mixed population minority game with imitation[J]. *Chinese Physics Letter*, 2001, 18(9): 1156.
- [3]Dackus D K, Kehoe P J, Kydland F E. Dynamics of the trade balance and the terms of trade: The J-curve[J]. *The American Economic Review*, 1994, 14: 84—103.
- [4]谢衷洁,刘亚利. 关于 J - 效应的时间序列分析及其政策性实验[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2000, 36(1): 25—31.
Xie Zhongjie, Liu Yali. Statistical analysis of J-effect and policy experiments[J]. *Acta Scientiarum Naturalium, University Pekiner sis*, 2000, 36(10): 25—31. (in Chinese)
- [5]Moffett M H. The J-curve revised: An empirical examination for the United States[J]. *Journal of International Money and Finance*, 1989, 8: 425—444.
- [6]Ellen E, Larin A. Exchange rate, adjustment, and the J-curve[J]. *Federal Reserve Bulletin*, 1988, 74(10): 633—644.
- [7]袁 强,方福康. 经济中的“J”效应[C]. CCASF-WL WORKSHOP, 2001, 127: 137—147.
Yuan Qiang, Fang Fukong. J-effect in Economy[C]. CCASF-WL WORKSHOP, 2001, 127: 137—147. (in Chinese)
- [8]马军海,盛昭瀚. 经济系统混沌时序重构的分析和应用[J]. *管理科学学报*, 2002, 5(3): 73—77.
Ma Junhai, Sheng Zhaohan. Analysis of reconstruction chaotic time series for the economic system and its application[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2002, 5(3): 73—77. (in Chinese)
- [9]盛昭瀚,马军海. 管理科学:面对复杂性—混沌时序经济动力系统重构技术[J]. *管理科学学报*, 1998, 1(1): 31—42.
Sheng Zhaohan, Ma Junhai. Management science to face with complicated problems the reconstruction technology of the chaotic time series for the economic dynamical system[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 1998, 1(1): 31—42. (in Chinese)
- [10]Edgar E Peter. *Chaos and Order in the Capital Markets*[M]. 北京:经济科学出版社,1999. 12—25.
- [11]刘 洪. *经济混沌管理*[M]. 北京:中国发展出版社,2001.
Liu Hong. *Management Economy by Chaos*[M]. Beijing: Press of China Development, 2001. 10—35. (in Chinese)
- [12]盛昭瀚,马军海. 面对复杂性—混沌时序经济动力系统重构技术(II)[J]. *管理科学学报*, 1998, 4(1): 15—19.
Sheng Zhaohan, Ma Junhai. Management science to face with complicated H study on some problems about fractal and chaotic of the economic dynamical[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 1998, 4(1): 15—19. (in Chinese)
- [13]Priesmeyer H R, Baik K. Dynamics economic system[J]. *Planning Review*, 1994, 17(6): 14—26.
- [14]曹庆仁,宋学锋. 一个技术扩散模型的混沌控制[C]. 首届全国管理复杂性研讨会论文集, 2001. 100—103.
Cao Qingren, Song Xuefeng. Control Chaos in Model of Technology Diffusion[C]. *Proceedings of the First Workshop on Management Complexity*, 2001. 100—103. (in Chinese)
- [15]王树禾. *微分方程模型与混沌*[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1999. 303—310.
Wang Shuhe. *The Model and Chaos of Differential Equation*[M]. Hefei: Press University of Science and Technology of China, 1999. 303—310. (in Chinese)
- [16]何大韧,汪秉宏. *非线性动力学引论*. 西安:陕西科学技术出版社,2001. 12—16.
He Daren, Wang Binghong. *The Introduction of Nonlinear Dynamical*[M]. Xi'an: Press of Shanxi Science and Technology, 2001. 12—16. (in Chinese)

(下转第 30 页)

Stock price behaviors under price constrains

MU Qi-guo, LIU Hai-long, WU Chong-feng

Finance Engineering Research Center of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China

Abstract : The overreaction hypothesis and the information hypothesis are two major hypotheses regarding the effects of price constrains on stock price behavior. This paper examines the price behavior of limit moves for stocks listed on the Shanghai Stock Exchange over the period 1997—2001. The results indicate the price continuations for the overnight period following limit moves and the price reversals for the subsequent trading time period. These results show that the noise traders on Shanghai stock market overreact to new information. On the other hand, the price constrains on Shanghai Stock Exchange restrict the overreaction.

Key words : price constrains ; overreaction ; overnight ; trading time

(上接第 12 页)

On dynamics of discrete model based on investment competition

LUO Xiao-shu^{1,2}, WANG Bing-hong², CHEN Guan-rong³

1. Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China ;

2. Department of Physics and Electronic Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China ;

3. Department of Electronic Engineering, City University of Hong Kong, Hong Kong, China

Abstract : First, a discrete nonlinear dynamics model is set up based on investment competition for homogeneous enterprises in this paper. Then, the stability of fixed points and all kinds of bifurcations as well as chaos behaviors of this model are studied. Moreover, the economic meaning that the nonlinear dynamics characters of this model is discussed. The results show that chaos is generated by quasi-periodic transition and double-periodic bifurcation with parameter increasing in this model. The nonlinear dynamics behavior can effectively explain a kind of social economy phenomenon that investment competition results in economic scale growth for a enterprise and down for another for homogeneous enterprises.

Key words : investment competition ; discrete dynamics model ; bifurcation ; chaos