

文章编号: 1000-582X(2007)11-0152-05

# 基于 SWARM 的模拟股市及其特征性事实

于同奎<sup>1</sup>, 曹国华<sup>2</sup>

(1. 西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400030)

**摘要:** 根据复杂经济系统思想, 建立一个基于主体的股市模型, 并利用 SWARM 平台进行系统仿真。对仿真结果的统计分析表明, 收益率序列呈现波动聚集、尖峰肥尾和长期记忆等股市普遍存在的特征性事实。模型揭示了股市运行的内在机制, 给股市特征性事实一个合理的解释。

**关键词:** 基于主体的股市模型; 复杂经济系统; 特征性事实; SWARM 仿真

**中图分类号:** F83 0. 91; F224. 12; F224. 7

**文献标志码:** A

股票市场中有许多普遍存在的特征性事实, 如收益率波动聚集、尖峰肥尾和长期记忆<sup>[1-3]</sup>等。而这些现象是传统金融理论难以解释的<sup>[4]</sup>。

人们开始积极探索新的替代理论, 其中复杂经济系统理论认为经济系统是由无数个相互作用的、有自治和学习能力的经济主体组成, 其运行和演化是这些主体对周围环境适应的结果, 是个体交互作用在宏观层次上的涌现行为<sup>[5]</sup>。对经济系统的研究, 就是构造这些主体的行为模式及其相互关系, 并研究其如何形成复杂的整体现象。目前复杂经济系统研究中多采用计算机仿真的方法, 甚至形成一门新的学科——基于主体的计算经济学 (Agent-Based Computational Economics, ACE)<sup>[6]</sup>。

笔者根据复杂经济系统思想, 建立一个随机多主体股市模型, 并利用 SWARM 平台<sup>[7]</sup>进行系统模拟, 模拟结果产生类似现实股市的市场现象。统计分析表明, 现实股市的特征性事实在多主体模型的计算机模拟结果中显著存在, 模拟收益率序列均呈现波动聚集、尖峰肥尾和长期记忆等特性。模型在一定程度上可以解释市场普遍存在的特征性事实。

## 1 基于主体的股市模型

市场中有  $N$  个交易主体 (Agent) 对同一支股票进行交易。根据采用的市场策略将市场交易者分为 2 类: 基础分析交易者和技术分析交易者。设在某一时

点上, 两者数目分别为  $n_f$ 、 $n_c$ , 有  $N = n_f + n_c$ 。技术分析投资者又分为 2 类: 乐观派技术分析投资者和悲观派技术分析投资者, 分别用  $n_+$  和  $n_-$  表示, 有  $n_c = n_+ + n_-$ 。市场环境的变化会引起交易主体行为模式的转变。由于不同市场策略之间的利润差异, 交易主体由一种交易策略 (如技术分析交易者) 转变为另一种交易策略 (如基础分析交易者); 由于“羊群效应”或价格追踪倾向的存在, 市场主体可能会由一种市场观点 (看涨) 转变为另一种市场观点 (看跌)。个体交易者行为 (体现在交易者类型及交易者类型的转变) 及其相互作用形成整体市场现象, 而市场环境又影响个体交易者调整自己的行为模式, 形成不断演化和发展的复杂适应系统。市场演化动力行为由如下几个模块构成:

### 1.1 交易主体在技术分析和基础分析策略之间的跳转

假设市场主体在市场中随机相遇, 当遇到不同策略的交易者时, 比较彼此策略的获利能力, 并根据 2 种策略获利能力的差异, 以一定的概率跳转到另一策略中来。

乐观派技术分析投资者购买一定量的股票, 他获

得的超额利润为  $\left[ \frac{r + \frac{dp}{dt}}{p} \right] - R$ , 其中  $r$  为名义股利,  $R$

为社会平均投资回报率; 而悲观者出售一定量的股票,

收稿日期: 2007-06-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70372041); 西南大学青年科技基金资助项目 (SWUQ2006022)

作者简介: 于同奎 (1981-), 男, 西南大学讲师, 主要从事复杂经济系统, 证券市场的研究, (Tel) 13996056594; (E-mail) ytkui@swu.edu.cn

其超额利润为  $R - (r + \frac{dp}{dt})$ , 表示其通过出售股票寻找其它投资机会而避免的损失。假设  $R = \frac{r}{p_f}$ , 当市场价格稳定在基础价值时, 即  $p = p_f$ , 则  $\frac{dp}{dt} = 0$ , 投资股市的收益率与其它投资的收益率应该是相等的。基础分析交易者认为市场价格很快回归基础价值, 因此用基础价值来评估分红带来的收益率  $\frac{r}{p_f} = R$ , 其超额收入来自于市场价格与基础价值的偏差。因为他们总是逢高卖出逢低买入, 无论市场价格是对其基础价值的高估还是低估, 其超额利润均为  $s \left| \frac{(p - p_f)}{p} \right|$ ,  $s$  为折现率 ( $0 < s < 1$ )。因此, 不同类型交易主体市场策略转变的概率可以表示为式 (1)

$$\left. \begin{aligned}
 &_{+f} = v_2 \exp(U_{2,1}), \\
 &_{f+} = v_2 \exp(-U_{2,1}), \\
 &_{-f} = v_2 \exp(U_{2,2}), \\
 &_{f-} = v_2 \exp(-U_{2,2}), \\
 &U_{2,1} = \left[ \underbrace{\frac{r + \frac{1}{v_2} \dot{p}}{p} - R}_{\text{乐观派技术分析交易者利润}} - s \left| \frac{p_f - p}{p} \right| \right]_{\text{基础分析交易者利润}}, \\
 &U_{2,2} = \left[ \underbrace{R - \frac{r + \frac{1}{v_2} \dot{p}}{p}}_{\text{悲观派技术分析交易者利润 (减少损失)}} - s \left| \frac{p_f - p}{p} \right| \right]_{\text{基础分析交易者利润}}.
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$_{+f}$  表示基础分析交易者转变为乐观派技术分析投资者的概率, 第一个下标  $+$  表示转入的交易者类型, 第二个下标  $f$  表示转出的交易者类型;  $_{-f}$ 、 $_{f+}$ 、 $_{f-}$  含义与之一致;  $v_2$  表示市场交易主体在 2 种策略跳转中的频率;  $s$  表示 2 种策略之间的利润差异引发的策略转移的强度。

1.2 技术分析交易者在乐观派和悲观派之间的跳转  
技术分析交易者在判断市场发展趋势时一般受 2 类因素的影响<sup>[8]</sup>: 近期价格变化的趋势、交易主体之间的模仿感染。

用变量  $x$  表示市场的整体气候 (即市场中多空力量的对比):  $x = \frac{n_+ - n_-}{n_c}$ ,  $x \in [-1, 1]$ 。市场变化的趋势用价格对时间的导数来表示,  $\dot{p} = \frac{dp}{dt}$ 。影响交易者市场观点转变的 2 个驱动因素就可以通过 2 者的加

权和统一起来, 表示为  $U_1 = v_1 x + v_2 \frac{\dot{p}}{v_1}$ 。

那么, 市场交易者由一个悲观技术分析投资者转变为乐观技术分析投资者 (或相反) 的概率就可以表示为式 (2):

$$\begin{aligned}
 &_{+} = v_1 \exp(U) \\
 &_{-} = v_1 \exp(-U), \quad U_1 = v_1 x + \frac{v_2 \dot{p}}{v_1}, \quad (2)
 \end{aligned}$$

$v_1$  为交易者重新评估和改变选择其市场观点的频率,  $v_1$  和  $v_2$  为市场交易主体赋予 2 个影响因素 (羊群效应和价格追踪) 的权数。式 (2) 中  $\frac{\dot{p}}{v_1}$  表示股票价格的变化  $\dot{p}$  (即市场的走向) 要除以市场交易主体重新评估其市场观点的频率  $v_1$ , 这是因为市场交易主体以单位时间间隔中的价格变化作为其价格追踪的标准。

1.3 价格形成过程

市场价格形成采用做市商机制, 做市商接受所有的交易请求, 并根据市场上供需力量的对比不断调整市场价格。假设技术分析交易者都以一个固定的交易量  $t_c$  进行市场操作, 其超额需求  $ED_c$  为乐观派人数与悲观派人数差额 ( $n_+ - n_-$ ) 与平均交易量 ( $t_c$ ) 之积, 即  $ED_c = (n_+ - n_-) t_c$ 。基础分析交易者在市场价格高于基础价值时出售一定量的股票, 而在市场价格低于基础价值时购买一定数量的股票, 这种高卖低买的行为形成了市场上的另一部分超额需求  $ED_f = n_f (p_f - p)$ , 其中  $n_f$  为基础分析投资者对价格偏离的反应强度。总的超额需求  $ED = ED_c + ED_f$ 。做市商按照市场中供给与需求差额, 线性调整市场价格, 如市场中的超额需求为  $ED$ , 做市商以  $n$  的反应强度调整市场价格  $\dot{p} = ED$ 。

2 基于 SWARM 的仿真实验

利用 SWARM 仿真平台对基于主体的股市模型进行建模仿真。设置  $50 \times 50$  的二维平面, 市场交易主体以一定的概率 (如 2%) 随机分布其中 (交易主体在图形中位置上的邻近关系并无实际含义, 仅为图形显示的方便)。市场主体随机选择初始交易类型。

为了避免程序设计中人为造成的交易者决策同步发生的现象, 在每一个单位时间中, 又划分若干小的时间间隔, 使得在每个时间间隔中进行交易类型跳转的市场主体尽量少, 从而模拟市场演化发展的异步性。

在每一个时间间隔内, 首先让市场主体按上述模型设计的规则根据当前市场状态 (价格变化趋势、市场氛围、不同交易策略的利润对比) 评估并更新其交易策略和市场观点, 然后根据其交易类型做出相应的市场决策, 如果是基础分析交易者则根据市场价格对

基础价值的偏离购买或出售  $(p_f - p)$  份股票,如果是乐观派技术分析者就购买  $t_f$  份股票,如果是悲观派技术分析者就出售  $t_f$  份股票。做市商根据当前市场供需双方的力量对比调整市场价格。这样,就形成了新的市场状态,各交易主体再根据新的市场状态选择交易类型进行市场操作,程序周而复始。

利用 SWARM 平台提供的图形用户界面技术,设计了方便实验人员观察的图形界面,如:利用探测器技术实现系统参数的设置和运行过程中的随时观测,曲线图反映价格的变化轨迹,还在二维平面中用不同颜色表示每个交易者选择的交易类型,市场主体的策略调整就可以直观地反映到其颜色上来,使实验者可以更直观地感受市场的气候,更深入地了解市场的动力行为(图 1 为仿真界面)。

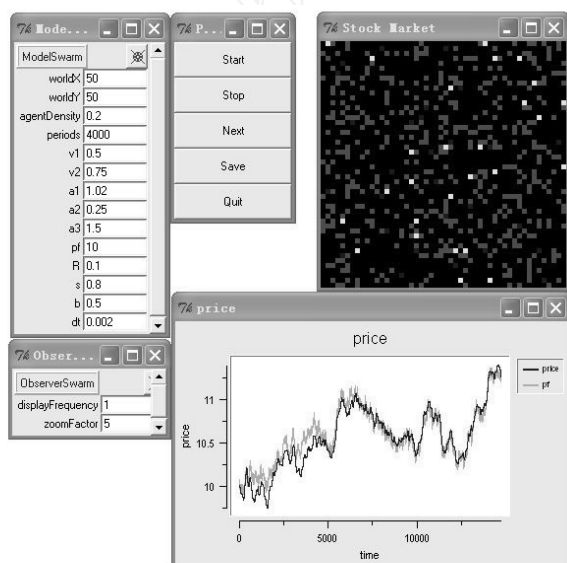
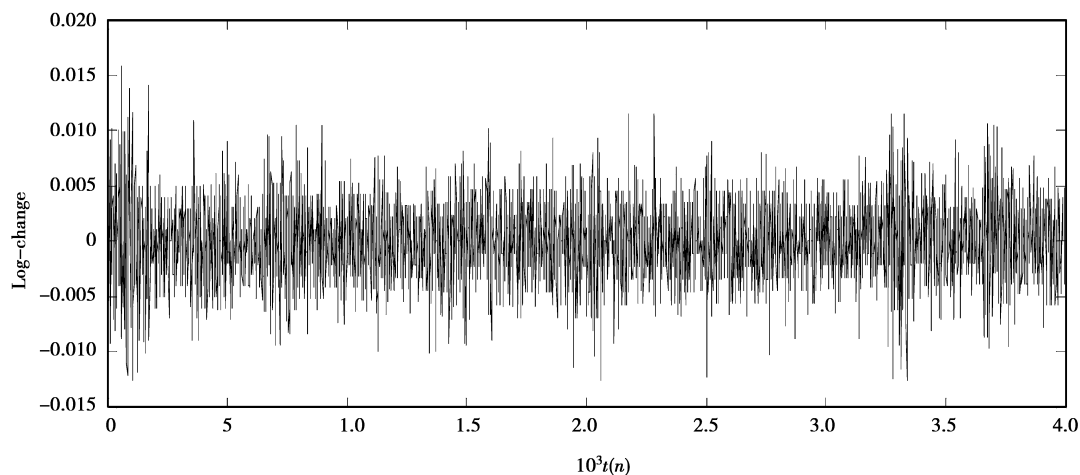


图 1 股市仿真界面



### 3 仿真结果特征性事实分析

大量模拟实验表明,股市仿真可以产生与现实股市极为类似的时间序列。下面对典型实验结果(参数设置为  $a_1 = 1.02$ ,  $a_2 = 0.25$ ,  $a_3 = 1.5$ ;  $v_1 = 0.5$ ,  $v_2 = 0.75$ ;  $s = 0.8$ ;  $r = 0.5$ ;  $t_f = 0.01$ ,  $t_b = 0.01$ ;  $p_f = 10$ )进行分析。

#### 3.1 收益率尖峰肥尾态特性

模拟收益率序列具有现实股市中普遍存在的尖峰态特性,由图 2 的收益率分布柱状图可以看出,与正态分布相比,对数收益率分布具有肥尾和高尖顶(图中曲线为相同均值方差的正态分布密度曲线)。

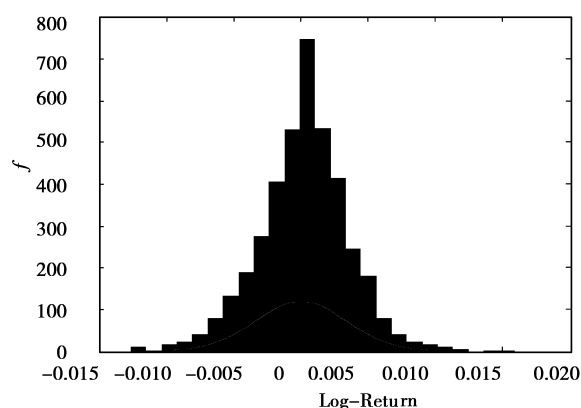


图 2 对数收益率分布柱状图

#### 3.2 收益率波动聚集

股票对数收益率呈明显波动聚集现象。图 3 是股票价格对数收益率和正态分布对数变化的比较。

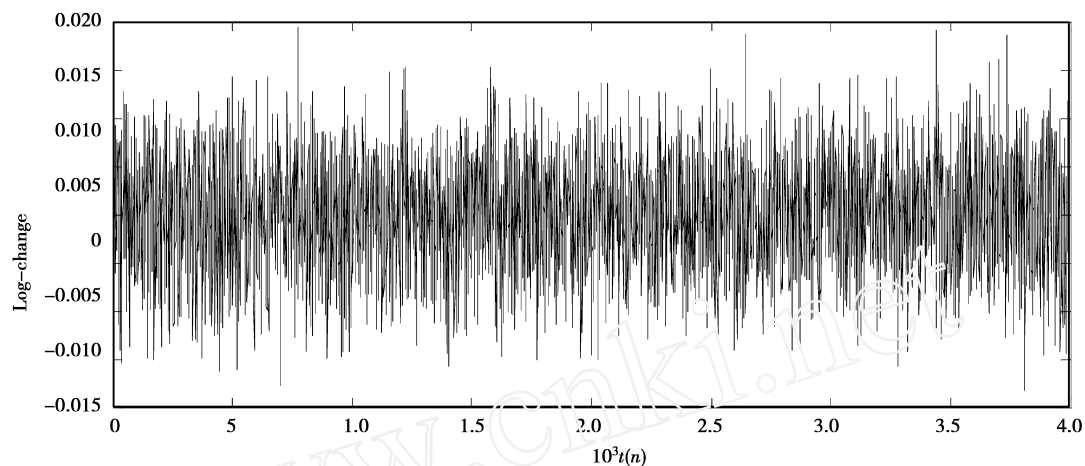


图 3 对数收益率(上)和正态分布对数变化(下)对比

### 3.3 收益率的长期记忆性分析

长期记忆特性通常用  $R/S$  分析方法来检测<sup>[9]</sup>。对模拟结果的收益率序列计算  $T$  从 5 到 200 对应的  $R/S$  值,做  $\log(R/S) - \log(T)$  图(如图 4 所示)。

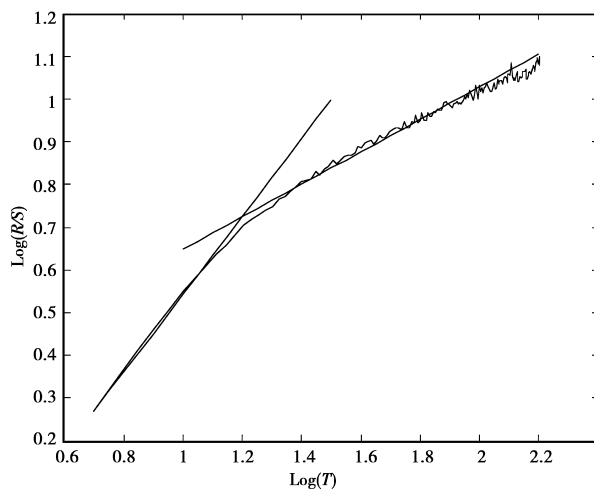


图 4 时间和重标极差的  $\log\text{-}\log$  图

可以看出,模拟结果的收益率序列存在长期记忆特性。在  $\log(T) < 1.2$ , 即  $T < 15.84$  时收益率序列保持记忆性,对其进行最小二乘法线性回归得 Hurst 指数为 0.91。而当  $\log(T) > 1.2$  即  $T > 15.84$  时,计算 Hurst 指数为 0.38,收益率序列具备反持久性,呈现出“均值回复”的特性。

## 4 结论

笔者借鉴复杂经济系统思想,探索并实践了基于多主体的复杂经济系统建模方法,将股市刻画为一个由众多市场主体构成的不断演化的复杂系统,研究其市场行为。研究过程中学习并使用国际上广泛采用的 SWARM 平台进行多主体仿真,丰富了经济建模的

工具。

基于 SWARM 平台的多主体模拟股市可以产生类似现实股市的现象。典型模拟实验结果的分析表明模拟收益率序列股市特征性事实:尖峰肥尾、波动聚集、长期记忆特性。这些都说明模型有效抓住了股市演化发展的基本动力机制,给股市普遍存在的特征性事实一个合理的解释。

### 参考文献:

- [1] 丁华. 股价指数波动中的 ARCH 现象 [J]. 数量经济技术经济研究, 1999, 9: 22-25.
- [2] 朱国庆, 张维, 程博. 关于上海股市收益厚尾性的实证研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2001, 4: 70-73.
- [3] PAGAN A. The econometrics of financial markets [J]. Journal of Empirical Finance, 1996, 3: 15-102.
- [4] ARTHUR W B, HOLLAND J H, LEBARON B, PALMER R, TAYLER P. Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market [C]. The Economy as an Evolving Complex System II Boston: Addison-Wesley, 1997: 15-44.
- [5] ARTHUR W B. Complexity and the economy [J]. Science, 1999, 284: 107-109.
- [6] TESFATSUN L. Agent-based computational economics: growing economies from the bottom up [J]. Artificial Life, 2002, 8: 55-82.
- [7] 张守一. SWARM 及其在经济研究中的应用 [J]. 数量经济技术经济研究, 2001, 18(1): 94-97.
- [8] MENKHOFF L. The noise trading approach: questionnaire evidence from foreign exchange [J]. Journal of International Money and Finance, 1998, 17: 547-564.
- [9] HURST H E. The long-term storage capacity of reservoirs [J]. Transactions of the American Society of Civil Engineer, 1951, 116: 770-799.

## SWARM Based Artificial Stock Market and the Characteristic Facts

YU Tong-kui<sup>1</sup>, CAO Guo-hua<sup>2</sup>

(1. College of Computer and Information Technology, Southwest University, Chongqing 400715, P R China

2. College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, P R China)

**Abstract:** A stochastic multi-agent model of stock market was constructed based on the theory of complex economy system. Computer simulation is performed on the platform of SWARM. Statistic analysis on typical simulation result shows that return serials of simulation exhibits the "characteristic facts" of the real stock market such as volatility clustering, fat tail (leptokurtosis) and long memory of return. This model presents the basic mechanism of stock market and gives a reasonable explanation of the "characteristic facts".

**Key words:** agent based stock market model; complex economy system; characteristic facts; SWARM simulation

(编辑 侯 湘)

---

(上接第 138 页)

## Study on the Cost Incentive Coefficient in the Agent Contract

LAN Ding-jun, LI Shi-rong, WANG De-bing

(College of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400030 P R China)

**Abstract:** Based on the study of the game of agent and contractor's collusion, the cost incentive coefficient in the agent contract was analyzed. Research results indicate that the cost incentive coefficients were determined to be constructed to prevent the collusion of agent and contractor. Costs incentive coefficient should adopt a progressive manner. Meanwhile, the applied fields of the cost incentive coefficients in the agent contract were given.

**Key words:** the cost-plus-incentive-fee contract; the cost incentive coefficient; conspiracy; game

(编辑 吕建斌)