

# 资本市场非线性理论研究综述与展望

崔鑫, 邵芸, 王宗军

(华中科技大学管理学院, 武汉 430074)

**摘要:** 资本市场种种“异象”的涌现和大量实证研究结果表明,有效市场假说和以之为基础的现代资本市场理论体系与资本市场的实际情况存在着矛盾和冲突,在此背景下出现了一些研究资本市场的非线性理论.文章对分形、混沌、突变、行为金融学、协同市场假说等非线性理论在资本市场的研究方法进行了论述,提出了当前它们存在的问题,并对资本市场非线性理论的发展做出了展望.

**关键词:** 资本市场; 非线性; 有效市场假说; 分形; 混沌

**中图分类号:** F830.91      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007 - 9807(2004)03 - 0075 - 11

## 0 资本市场非线性理论产生的背景

资本市场的核心问题是金融资产的定价,围绕这一问题西方形成了以有效市场假说 (efficient markets hypothesis, EMH) 为基础,以均衡、线性思维、标准计量模型优化求解为主要特征的现代资本市场理论体系.

EMH 作为一种范式在近 40 年来一直主宰着金融经济学的理论研究. 1965 年 Fama<sup>[1]</sup> 在界定定价信息集合时,根据市场证券价格反映信息程度的不同,把市场定价效率划分为:弱式有效,半强式有效和强式有效. 并在一篇总结性文章中<sup>[2]</sup> 对市场的(信息)有效性概念作了更明确的诠释:如果市场价格能充分、及时地反映所有有关信息,使股价位于其合理的价位上,能正确地反映其内在价值,市场是有效的.

在 EMH 的假设条件下, Sharpe<sup>[3]</sup>、Litner<sup>[4]</sup>、Mossion<sup>[5]</sup> 将 EMH 与 Markowitz<sup>[6]</sup> 的资产组合理论加以发展,建立了以一般均衡框架中的理性预期为基础的投资者行为模型——资本资产定价模型 (capital asset pricing model, CAPM), 该模型使用了带参数的随机二次规划理论,讨论了在一定风险

水平下达到最佳受益的组合问题. CAPM 假定人们生活在一个没有交易费用、没有佣金和没有税的世界中,将投资者行为从社会施加的约束中分离出来. 著名的 Black & Scholes 的期权定价模型 (option pricing model)<sup>[7]</sup> 和 Ross 的套利定价理论 (arbitrage pricing theory, APT)<sup>[8]</sup> 也是在投资者是理性的、市场是有效的、收益率遵循随机游动的假设条件下建立起来的.

EMH 提出后,引起了投资者和理论研究者的广泛关注,很多学者对此进行了大量的实证研究. 尽管许多实证研究对 EMH 做出了肯定 (20 世纪 60、70 年代的早期研究对 EMH 多持肯定态度,如 Fama<sup>[1,2]</sup>; Alexander<sup>[9]</sup>; O'Hanlon & Ward<sup>[10]</sup>; Jensen & Bennington<sup>[11]</sup> 等),但同时也有相当一部分实证研究的结果对 EMH 提出了质疑. 特别是进入 20 世纪 80 年代以来,资本市场中与 EMH 相矛盾的“异象”不断涌现,如: EMH 无法解释的资本市场中的“高峰厚尾”特性 (Osborne, 1964; Weigel & Turner, 1990; Sterge, 1989)、规模效应<sup>[12~14]</sup>、期间效应<sup>[15,16]</sup>、反向投资策略<sup>[17~20]</sup> 等. 1987 年 10 月 19 日美国股市的“黑色星期一”(股票价格一天内跌幅达 22.6%) 和 1998 年 LTCM 公司遭致巨大亏损厄运的事实 (公司的合伙人是获得 1997 年诺贝尔

经济学奖的 Scholes 和 Merton),都对基于线性均衡的 EMH 提出了更有力的挑战。

因此,近年来,不少学者致力于寻找新的非线性的方法,开拓新的思路,研究资本市场的规律。

### 1 资本市场非线性理论研究方法

#### 1.1 分形理论

法国数学家 Mandelbrot 在总结了自然界的非规整几何图形之后,于 1975 年首次提出了分形(fractal)的概念<sup>[21]</sup>。Mandelbrot 曾将分形定义为整体与局部在某种意义下的对称性的集合,或者是某种意义下的自相似集合;也曾用定量的方法刻画分形,称分形是其 Hausdorff 维数严格大于其拓扑维数的集合。英国数学家 Kenneth Falconer 却认为<sup>[22]</sup>,分形的定义应该以生物学家给出“生命”定义类似方法给出,即不寻求分形的确切简明的定义,而是通过寻求分形的特征来描述,将分形看作具有如下性质的集合  $F$ : (1)  $F$  具有精细结构,在任意小的比例尺度内包含整体; (2)  $F$  是不规则的,不能用传统的几何语言来描述; (3)  $F$  通常具有某种自相似的形式,可能是近似的或统计的自相似; (4)  $F$  的分形维数通常大于  $F$  的拓扑维数; (5)  $F$  由非常简单的方法定义,可能以变换的迭代产生。

将分形理论具体运用在资本市场的研究中形成了分形市场假说(fractal markets hypothesis, FMH)<sup>[23,24]</sup>。Peters 是 FMH 的集大成者。他把 Hurst 为研究水文自然现象而建立的重标极差分析法(rescaled range analysis, R/S 分析法)<sup>[25]</sup>推广到资本市场的价格和收益率时间序列的分析中,以考察其是否具有分形的特征。使用这一方法,他成功地建立了资本市场收益曲线的“自相似性”,论证了资本市场的分形结构与非周期性循环特征。

R/S 分析法的主要步骤如下:

(1) 对一个时间序列求平均值  $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot$

$\sum_{i=1}^n x(t+i)$ , 然后计算距离均值的差值

$$x(t+i) = x(t+i) - \bar{x}$$

(2) 计算累加值  $c(t+i) = \sum_{i=1}^j x(t+i)$ ,

$j = 1, 2, \dots, n$ , 并且求最大累加值与最小累加值之差  $R = \max_j \{c(t+j)\} - \min_j \{c(t+j)\}$

(3) 计算采样序列的标准差

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^2(t+i)}$$

(4) 存在关系  $R/S \sim n^H$ ,  $n$  为观测次数、 $H$  为 Hurst 系数。对关系  $R/S \sim n^H$  取对数,得  $\log(R/S) = H \cdot \log n + c$ , 在对数纸上水平轴是  $n$ , 垂直轴是  $R/S$ , 斜率是  $H$ 。

R/S 分析法中, Hurst 指数  $H$  有 3 种不同的类型,当  $H = 0.5$ , 标志着该序列是一个随机游动,事件是随机的和不相关的;当  $0 < H < 0.5$ , 意味着将来的增量与过去呈负相关,是反持久性的或遍历性的时间序列;当  $0.5 < H < 1.0$ , 为有偏随机游动,意味着与过去的增量是正相关,是持久性的或趋势增强的时间序列。

FMH 的主要思想可概括为: (1) 认为资本市场是一种反馈系统,具有长期的相关性和趋势。(2) 系统有临界水平的概念。在临界点上系统性质会发生变化,它可能分岔、存在不只一个均衡状态;或者开始从稳定向紊乱过渡,出现无规律状况。(3) 证券价格、收益率的时间序列遵循分形分布,可以用分形几何学来衡量它的波动和“平均”周期。(4) 资本市场是远离均衡条件的,它实际上是在非周期性的秩序上叠加随机噪声。(5) 由于对初始条件敏感依赖,系统输入与输出的内容不断迭代,任何初始条件的差别都会按指数放大,或者由于系统通过混合过程生成了随机性,丢失了以前的记忆。

至于资本市场分形的原因, Peters 认为,一个市场是由许多具有不同投资水平日期的投资者构成的;对于每一个投资水平日期,重要的信息集合是不同的。只要市场保持其分形结构,没有特征时间标度,市场就会保持稳定。而当市场的特征投资水平日期变得相同时,市场就变得不稳定了,因为每个投资者都根据同样的信息集合进行交易。

近几年来国内学者采用分形理论对我国资本市场进行实证研究取得了一定的成就(如:史永东,邹志勇,伍海华,李道叶,高锐;胡宗义,谭政勋,林勇,奚李峰;杨一文,刘贵忠等)<sup>[26~31]</sup>,主要应用 R/S 分析方法实证研究了沪深证券市场股票收益的波动规律,认为沪深证券市场股票的收

益率序列是一个有偏的随机游走过程,从统计意义上看是自相似的,具有分形的性质.

## 1.2 混沌理论

混沌(chaos)是20世纪70年代提出的科学概念.混沌是指确定性系统中出现的类似随机的现象,表现为外观的无秩序性和内在的规律性的结合,具有以下几点基本特性<sup>[32]</sup>:(1)内随机性;(2)分形性质;(3)标度不变性;(4)对初始条件的敏感依赖性.

混沌现象广泛存在于社会和自然中.资本市场的形成和发展,是一个动力学过程,也具有混沌的特性.首先,资本市场的混沌现象是固有的,运动状态的复杂性是系统本身内在的,并不是来自外部环境的干扰;其次,资本市场系统每时每刻的状态都受到前一时间刻状态的影响,对初始值细微变化的敏感依赖性,使人们不可能精确预测市场的长时间行为;第三,资本市场的混沌现象可能出现在简单的系统中,当参数超过了一定的临界值就会出现混沌,产生奇异吸引子,资本市场与奇异吸引子的基本特征有许多相似之处;第四,资本市场在不同的时间标度下表现出相似的变化模式,与分形在空间标度下表现出的相似性十分相象.

自1980年美国经济学家Stutzer<sup>[33]</sup>开始应用混沌理论研究经济学以来,越来越多的学者开始运用混沌方法研究经济和金融系统,特别是有关证券市场股价指数、汇率变化方面的研究格外引人注目.Hesieh<sup>[34]</sup>、Kodres & Papell<sup>[35]</sup>研究了汇率波动和外汇期货市场中的混沌问题,Philipatos, Pilarnu & Mailliaris<sup>[36]</sup>研究了欧洲股票市场的混沌问题,Scheinman & Baron<sup>[37]</sup>、Eldridge & Coleman<sup>[38]</sup>、Abhyankar & Copeland<sup>[39]</sup>则分别研究了股票回报率 and 英国证券市场FTSE-100指数等方面的混沌问题.

Npackard, Crutchfield, Farmar 和 Shaw 以及 Takens<sup>[40]</sup>根据Whitney提出的拓扑嵌入定理提出了相空间重构技术以计算混沌奇异吸引子,并以此来判断系统是否为确定性系统.随后Grassberger和Procaccia<sup>[41]</sup>完善了该方法.

相空间重构的基本思想是:系统中任一分量的演化都由与之相互作用着的其他分量所决定.因此,这些相关分量的信息就隐含在任一分量的发展过程中.重构一个“等价”的状态空间,然后再运用其他方法来检验是否存在一个混沌吸引

子.虽然这种方法只是一种充分条件,但业已证明,它可以将吸引子的许多性质保存下来.

对于一个经济时间序列 $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,相空间重构技术主要有以下几个步骤:

(1)选择嵌入空间维数 $m$ ,然后将序列 $\{x_i\}_{i=1}^n$ 嵌入其中,具体嵌入方法是将 $\{x_i\}_{i=1}^n$ 转化为 $m$ 维空间的一个点序列 $\{x_i\}_{i=1}^{n-m+1}$ ,其中 $x_i = [x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+m-1}]^T$ ,这样就可以得到一个与 $\{x_i\}_{i=1}^n$ 相对应的 $m$ 维空间的一个点序列 $\{x_i\}_{i=1}^{n-m+1}$ .

(2)依次取若干个不同的 $m$ 值,分别计算序列 $\{x_i\}_{i=1}^{n-m+1}$ 所对应点集的相关维数

$$D(\cdot, m) = \frac{\ln C(\cdot, m)}{\ln 2}$$

其中: $C(\cdot, m) = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j=1}^n (x_i - x_j)$ 是 $x_i - x_j < \epsilon$ 的点所占的比例,是Heaviside函数,当 $Z < 0$ 时, $(Z) = 0$ ;  $Z > 0$ 时, $(Z) = 1$ ;  $\epsilon$ 是选取的一个较小的正数.一般根据所取的 $\epsilon$ 值与其对应的 $D(\cdot, m)$ 值,作出 $\ln C(\cdot, m) - \ln \epsilon$ 曲线,而其直线部分的斜率就是 $D(\cdot, m)$ .

(3)不断提高嵌入维数 $m$ ,重复上述的(2),直到 $m$ 达到某一值 $m_c$ 时,相应的 $D(\cdot, m)$ 不再随 $m$ 的增大而发生有意义的变化为止.这在 $\ln C(\cdot, m) - \ln \epsilon$ 图中表现为一些曲线的直线部分的斜率不再随 $m$ 的变化而变化,此时 $D = D(m_c)$ 就是所求的吸引子的关联维.

从一个时间序列中确定嵌入维数 $m$ 已有很多种方法.如Grassberger & Procaccia<sup>[41]</sup>通过计算吸引子的关联维数与Lyapunov指数来确定嵌入维数 $m$ ;Broomhead & King<sup>[42]</sup>,Vautard & Ghil<sup>[43]</sup>的奇异值分解法;Kennel等<sup>[44]</sup>的虚假邻域法.Cao<sup>[45]</sup>指出了这些方法在选择嵌入维时都包含主观参数或主观判断,随后Cao等<sup>[46,47]</sup>给出一种不依赖主观参数的零阶近似法.

在非线性动力学研究的开创时期,通过常用的时间序列的相空间重构法一般只能得到混沌吸引子的特征描述,几个重要的量包括最大Lyapunov指数、嵌入维数、Kolmogorov熵等.最大Lyapunov指数的倒数表明可靠的预测能有多远,维数指出预测的基本变量,Kolmogorov熵表征预测模型的动力学复杂性.不难看出这些量所反映

的系统的未来信息量太少,在实际中的应用价值很有限.可以说目前多数应用研究的文献停留在这一阶段,因此混沌的预测模型的建立与研究仍显得缺乏说服力.值得欣慰的是,近年来出现了非线性预测的一些新理论和新方法,具体的如多项式逼近预测、局域、径向基函数、神经网络、小波网络、布朗运动等等,这些预测方法各有特点,已陆续应用于经济研究领域,并取得了一些成果<sup>[48~50]</sup>,成为经济研究中颇具活力的领域.

在国内,混沌理论运用于资本市场的研究工作开始于20世纪80年代末,陈平首先介绍了他在该领域的研究成果,之后,众多国内学者对混沌在我国资本市场的应用作了有益的探索,并对一些混沌的理论与方法问题作了进一步的研究,取得了一些初步性成果.王德佳等<sup>[51]</sup>、刘文财等<sup>[52]</sup>分别利用混沌分形动力学原理功率谱分析、相空间重构和多元分形理论等方法,以我国沪深证券市场为对象对股票价格的变动进行了分析和探讨,证明了其波动是具有内在随机性的混沌分形现象.宋学峰等<sup>[53]</sup>则对我国沪深证券市场的股票价格波动的混沌度进行了测算和分析.吕先进等<sup>[54]</sup>分析了时间序列样本数的大小对时间序列分数的影响.陈国华等<sup>[55]</sup>给出了一种根据经济时序动力系统实测数据的最佳嵌入维数选出的新方法.周佩玲等<sup>[56]</sup>选择了两种基于相空间重构理论的预测方法进行股票数据的短期预测.张永安<sup>[57]</sup>对经济系统非线性预测的2类6种技术方法进行了深入的比较分析.杨一文等<sup>[58]</sup>提出了一种将延迟-嵌入定理与人工神经网络相结合预测混沌数据的基本方法.

### 1.3 突变理论

突变理论(catastrophe theory,CT)<sup>[59]</sup>在1972年由法国数学家Rene Thom最先提出,它产生自数学纯理论——奇异性理论.30年来,CT在自然科学和社会科学领域方面已取得了广泛的应用性成果.

与以往微积分解释光滑而连续变化现象不同,CT描述了自然界中大量存在的不连续的、突然变化的现象. CT以拓扑学为基础,研究梯度系统在平衡状态下的临界点的性态,描述由逐渐变化的力量或运动导致突然变化的现象,弥补了微分方程描述方法的不足.当传统的分析数学解释不连续和突变事件束手无策时,CT给人们提供了

新的方法,相对于其他理论,CT可以更好地刻画资本市场运动的规律,为股票价格的变化趋势提供新的解释和手段,目前国外已有较多文献把它用来研究资本市场,并取得了较好的效果<sup>[60~62]</sup>.

资本市场是十分复杂的领域,除了连续的渐变的过程外,大量存在的是不连续的、突变的过程.可以说,突变是资本市场的一个基本特性.从众心理产生的群体行为可能导致股票价格猛涨和猛跌,这种股票市场剧烈变化的行情,无法完全归结为噪声干扰,而是属于典型的突变现象.研究资本市场突变现象的思路是<sup>[63]</sup>:确定刻画系统的状态变量和参数,确定势函数,确定系统可能出现的平衡态构成的子空间,求出歧点集,它确定了突变可能发生的范围.具体方法可采用数据拟合,根据突变特性把市场观测数据用一个平衡流形(曲线与曲面)方程,或分歧点集来拟合,然后做出定性的以至定量的预测.

国内学者对CT在我国资本市场的应用也作了有益的探索,周焯华等<sup>[64]</sup>建立了股票分析的指标体系,并引入CT,建立股票分析的突变模型,利用上市公司的实际数据进行了具体分析说明.李一智等<sup>[65]</sup>基于CT,建立了期货价格突变模型,对期货价格突变现象作出了相应的解释,并对期货价格突变的预测和控制进行了研究.徐玖平等<sup>[66]</sup>针对动态市场的价格波动问题,运用CT,在修正传统动态市场模型的基础上,建立了非线性动态市场价格的三个突变模型,并就实际问题进行了分析,得到了满意的结果.

在非线性学科中,CT的发展或许是不尽人意的.作为系统科学“六论”之一,它应该体现系统科学的特点——作为广泛学科共同的应用基础和应用方法.但是,这些年来除了初期在理论上的一些成果和有限的应用外,对于进一步的理论发展和实际应用都还谈不上什么名符其实的成果.突变论作为数学理论由于过分强调数学的“严谨”和“完美”,使它只能生存于数学家手中,很难进入到应用中来,将突变理论应用在资本市场的实际研究也较为少见.如果说过去突变论是站在数学角度去创立和发展的,那末今后的突变论则需要置于实际背景中来研究和发展.

### 1.4 行为金融理论

行为金融理论(behavior finance theory,BFT)

是金融学 and 人类行为学交叉的边缘学科. 它的起源可以追溯到 O. K. Burrell (1951) 最早倡导将心理学和金融学相结合的一篇论文, 但直到 20 世纪 80 年代一批心理学发展成果被成功地引入金融学领域, 行为金融学才逐渐受到经济学家们的关注.

期望理论 (prospect theory, PT) 是 BFT 的重要理论基础, 这一思想最先由 Markowitz 提出, 但推动这一理论发展的是行为经济学先驱 Kahneman 和 Tversky 的研究. 他们通过实验对比发现, 与预期效用理论 (expected utility theory) 相反, 大多数的投资者并非是标准金融投资者 (standard finance investor), 而是行为投资者 (behavioral investor), 他们的行为并不总是理性的. PT 自提出以来, 赢得了广泛的影响, 许多异常现象都可以用 PT 得出合理的解释, 如阿莱悖论、股权溢价之谜 (equity premium puzzle) 以及期权微笑 (option smile) 等等. 然而, 由于 Kahneman 和 Tversky 在 PT 中并没有给出如何确定价值函数中的关键——参考点以及权值函数的具体形式, 在理论上存在很大的缺陷, 极大阻碍了期望理论的进一步发展和应用.

Hersh Shfrin 和 Meir Statman<sup>[67]</sup> 把行为金融理论与现代金融理论二者结合起来, 对现代金融理论和模型进行改进和完善, 提出了行为组合理论 (behavioral portfolio theory, BPT) 和行为资产定价模型 (behavioral asset pricing model, BAPM). BPT 是在 Markowitz 的现代资产组合理论的基础上发展起来的. BPT 认为, 现实中, 大部分投资者实际构建的资产组合是基于对不同资产的风险程度的认识以及投资目的所形成的一种金字塔状的行为资产组合, 位于金字塔各层的资产都与特定的目标和特定的风险态度相联系, 它们之间的相关性可以被忽略. BAPM 是对 CAPM 的扩展. 与 CAPM 不同, 在 BAPM 中, 投资者被分为两类: 信息交易者 (information trader) 和噪声交易者 (noise trader), 两类交易者互相影响, 共同决定资产价格.

当前影响较大的两个主要行为金融理论模型为: BSV<sup>[68]</sup> 模型和 DHS<sup>[69]</sup> 模型. BSV 模型是从人们进行投资决策时的选择性偏差 (representative bias) 和保守性偏差 (conservatism) 两种心理判断出发解释投资的决策模式如何导致证券的市场价格变化偏离 EMH 的, 它较好地解释了反向投资策

略<sup>[70]</sup>、长期投资收益反转 (debondt & thaler) 以及增发新股<sup>[71]</sup> 和新股上市<sup>[72]</sup> 时股票价格的变化等现象. DHS 模型则将投资者分为有信息的 (informed) 和无信息的 (uninformed) 两类, 较好地解释了股票价格过度反应 (over-react) 的问题.

由于 BSV 和 DHS 这两个模型都是以部分心理学证据作为投资者行为假设的基础, 因而又都不能独自解释所有的异常现象 (Fama, 1998); Harrison Hong 和 Jeremy C Stein<sup>[73]</sup> 从市场参与者的相互作用角度提出了资产市场中反应不足、动量交易和过度反应的统一理论模型 (unified theory model), 又称 HS 模型. 该模型将作用者分为“观察消息者” (news watchers) 和“动量交易者” (momentum trader) 两类, 解释了股票价格反应不足 (under-react) 和过度反应现象.

BFT 的意义在于确立了市场参与者的心理因素在决策、行为以及市场定价中的作用和地位, 为人们理解金融市场提供了一个新视角. 但 BFT 从本质上看是一门边缘应用学科, 虽然它的许多分支在其要解释的现象方面可以说是比较圆满, 但是对样本外的现象就缺乏解释力. 此外, 因为人们的心理很难量化, 主观性较强, 变量的选择有困难, 较难建立模型来衡量. 如果用 BFT 的研究成果去弥补标准金融理论的不足或缺陷, 两种研究方法将相得益彰, 金融理论的研究又将可能开创出新的局面.

### 1.5 协同市场假说

协同市场假说 (coherent market hypothesis, CMH) 来自社会模仿理论 (theory of social imitation), 由 aga<sup>[74]</sup> 在 1990 年率先提出. 作为一种非线性统计模型, 它不是以 EMH 及其价格、收益率的随机游动和正态分布为基础的, 但它为评估资本市场的风险以及市场基本因素与技术因素的交互影响供了另外一种理论分析框架.

该假说基本内容是: 资本市场的价格、收益率或风险与收益状况是由“外部的基本经济环境 (基本偏倚)”和“投资者的集体情绪偏倚量 (群众行为水平)”两个因素结合决定的. 两者的不同结合, 证券市场的状态随之发生变化. 市场可能出现四种情况:

(1) 真正的随机游动状态, 即有效市场状态, 这时市场的基本状况为中性, 投资者的行为相互

之间是独立的,市场信息很快地反映在价格之中.

(2) 不稳定过渡状态,即无效市场状态,表现为随着外部环境的逐渐变化,投资者在情绪上的倾斜可能使信息的影响长期延续.

(3) 混沌市场状态,这时基本经济环境是不确定的或没有明显偏倚,但投资者情绪对于群体思维有很强的传导力,群众行为有可能出现大的波动.市场传言或被曲解的信息会引起投资者的恐慌.

(4) 协同市场状态,即强烈的正面(或反面)的基本环境状况与强烈的投资者情绪相吻合,产生巨大的市场协同效应.这时的市场呈现出更加强有力的正面(或反面)趋势,使市场风险很低(或很高).

Vaga 在 CMH 中建立了一个市场模型:

$$f(q) = c^{-1} Q(q) \exp\left(2 \int_{-1/2}^q (K(\cdot) / Q(\cdot)) d\cdot\right)$$

其中:  $f(q)$  = 年度收益率  $q$  的概率

$$K(q) = \sinh(kq + h) - 2q \cosh(kq + h)$$

$$Q(q) = (1/n) (\cosh(kq + h) - 2q \sinh(kq + h))$$

$n$  = 自由度或市场参与者的人数

$k$  = 群众行为度或市场情绪

$h$  = 基本环境

$$c^{-1} = \int_{-1/2}^{1/2} Q^{-1}(q) \exp\left(2 \int_{-1/2}^q (K(\cdot) / Q(\cdot)) d\cdot\right) dq$$

如果  $h = 0$ , 即市场基本状况为中性, 当  $k < 2$  时, 市场处于真正的随机行走状态, 信息很快被市场吸收. 当  $k$  趋近于 2 时, 市场将处于不稳定过渡状态, 如果没有新的信息出现, 市场将持续现在的趋势. 当  $k > 2$  时, 市场将进入典型的混沌状态; 高水平的群众行为, 但在正的或负的领域都没有基本状况信息所置入的偏倚, 此时, 基本环境的改变则会导致协同市场. 当  $h > 0$  时, 会导致协同牛市; 反之, 则会导致协同熊市.

CMH 的实质认为资本市场作为一个系统, 其内部各个因素之间存在着相关性, 而这种相关性也可能被外部的力量所影响, 内部相关性的水平和外部影响强度的耦合决定着系统的状态.

就此而论, CMH 给 EMH 及众多争议间的矛盾作出了一个很好的解释, 从另一个角度看可视为 EMH 加入非线性因素后的版本, 但是迄今为止支持 CMH 的严格的检验证据还比较少, 进一步的理论证明还有待深入.

## 2 资本市场非线性理论存在的问题与发展展望

非线性理论的引入提供了资本市场现存理论模型的更为广义的形式, 为资本市场研究开创了新思想和新视角, 并可能重新构造资本市场的理论框架. 非线性理论的运用将对投资金融学产生深远的影响.

我国资本市场的发展起步较晚, 近年来国内学者采用分形、混沌等非线性方法对我国资本市场进行实证研究取得了一定的成绩. 但到目前为止, 国内外学者对资本市场的非线性现象进行的研究探讨多数还仅仅是尝试性的和初步的, 主要表现在:

(1) 资本市场复杂性的存在是众多因素相互交错作用的结果, 其中有确定的、也有不确定随机的, 有线性的、也有非线性的. 目前仅根据非线性的理论与方法, 检验一种经济现象是线性或非线性、存在确定性规律或不存在, 或仅仅用一两个非线性方程来解释复杂的经济现象, 是不够的, 还需要应用其它多学科的理论与方法进行综合分析和研究.

(2) 许多研究仅限于运用现有的经济数据证明资本市场复杂性的存在和传统经济理论的基本假设(理性预期, 有效市场, 随机游走等)具有严重的缺陷等方面问题, 以及证明出自身结论与已经的事实相关, 却无法提出关于未来发展方向的见解, 进一步的研究则更为少见.

(3) 经济系统是不可重复实验的, 从有限的历史现象和数据, 根据现有的非线性理论与方法来寻找资本市场的规律, 显然是十分困难的. 如何克服这些困难, 以及这些困难的存在对现实工作提出了什么要求, 都是值得深入研究的课题.

(4) 如同经典理论中的理性预期和线性范式值得怀疑一样, 新的复杂性模型的正确性同样有待接受理论和实证检验, 因为尚无足够的证据表明新的模型及预测和模拟方法比常规的方法更精确更有效. 这些新方法新理论尚处于萌芽阶段, 要形成完整的资本市场非线性理论, 建立描述证券市场随时间演变的具体动态模型, 还有待于进行

进一步深入的研究。

另外,研究工作的不均衡开展问题也影响着资本市场非线性理论的整体发展,如从研究领域看,人们对股票市场研究的多,对其它问题研究的少;从所用的理论与方法看,分形与混沌较多,其它的较少。

针对上述研究现状,为了推动资本市场非线性研究工作的开展,笔者认为应重视以下方面:

(1) 正确认识资本市场非线性科学的研究。要把资本市场视为众多因素相互交错作用的极其复杂的系统,而不再简单地看成均衡的、线性的、可标准计量的系统。

(2) 在理论和分析方法上综合运用多种方法。在吸取前人的理论方法、研究成果的基础上,引入非线性理论与方法,综合运用数理统计、随机过程、经济系统动力学以及系统工程的理论与方法等,把非线性理论与方法同其它学科的理论与方法有机结合起来,做到相互借鉴、取长补短、综合集成。研究中要针对实际问题建立不损失有用信息的模型,要使用适当方法揭示模型所蕴含的各种复杂行为并进行复杂性度量,还要解决复杂系统的预测、控制及检验等重要问题,加之资本市场系统的极其复杂性,单独采用任何一种理论与方法都可能会造成局限性和片面性,都未必能令人满意地解决所面临的各种难题。例如行为金融学这种建立在情感世界上的理论究竟可以在多大程度上解决决策问题。

(3) 采用实际数据和模拟数据相结合、定性分析与定量分析相结合的方法。实际资本市场的不可重复实验性和反映现实资本市场的统计数据有限性,除了要求研究数据有限条件下的非线性理论与方法外,还可以通过建立经验模型、理论模型,制造人工数据,以计算机为主要研究工具,进行方案模拟,理论试验或政策试验,实现定性分析

与定量分析的结合。

(4) 注重理论与实际的结合,开展实证研究。由于资本市场的宏观现象大都有其形成的微观机制,故可以以宏观经济现象和微观经济数据为对象,从微观入手自下而上地进行研究。

虽然资本市场非线性理论的研究还面临诸多困难,但由于经济系统的复杂性,传统经济研究对现今经济系统认识的局限性,作者认为,随着非线性科学技术的迅速发展,资本市场非线性理论必将具有一个广阔的发展前景。

从资本市场非线性理论发展的外环境看,近年来非线性科学有了长足的发展。孤立子、混沌、分形三大领域均有新成果相继问世,为资本市场非线性理论的发展奠定了坚实基础。其次,非线性科学在许多领域的应用十分令人瞩目,这些应用领域的突破性进展对资本市场非线性理论的发展提供了很好的借鉴。同时,资本市场非线性理论研究进展也是人类对于客观经济规律以及复杂经济系统认识发展的客观要求。

从资本市场非线性学科发展看,资本市场非线性理论研究成果在整个金融学界受到关注,也得到公认。在经济系统内生决定的系统扰动使系统结构变化、系统对初始条件的敏感依赖性、对经济系统的无规则性、非周期性动态模型描述方面,资本市场非线性理论对整个金融学研究做出了贡献,为金融学研究复杂系统提供了新手段、新方法。

总之,资本市场非线性科学的研究方法和理论,为人们进一步探索资本市场的发展,提供了有力的研究武器。相信随着进一步深入的研究,资本市场非线性理论将为人类摆脱传统金融经济学的思维定式,在深刻、准确、系统认识客观经济规律方面开辟新的途径,提供新的方法,必将使人类对复杂经济系统的认识有一个质的飞跃。

## 参考文献:

- [1] Fama E F. The behavior of stock market prices[J]. Journal of Business, 1965, 38(1): 34—105.
- [2] Fama E F. Efficient capital market: A review of theory and empirical work[J]. Journal of Finance, 1970, 25(2): 383—417.
- [3] Sharpe W. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk[J]. Journal of Finance, 1964, 19(3): 425—442.
- [4] Lintner J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets[J]. Review of E

- conomics and Statistics, 1965, 47(2) : 13—37.
- [5] Mossin J. Equilibrium in a capital asset market[J]. *Econometrica*, 1966, 34(4) : 768—783.
- [6] Markowitz M H. Portfolio selection[J]. *Journal of Finance*, 1952, 7(1) : 77—91.
- [7] Black F, Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities[J]. *Journal of Political Economy*, 1973, 81(3) : 637—654.
- [8] Ross S. The arbitrage theory of capital asset pricing[J]. *Journal of Economic Theory*, 1976, 13(3) : 341—360.
- [9] Alexander S S. Price movements in speculative markets: Trends or random walks[J]. *Industrial Management Review*, 1961, 2(2) : 7—26.
- [10] O'Hanlon John, Charles W R Ward. How to lose at winning strategies[J]. *Journal of Portfolio Management*, 1986, 12(3) : 20—23.
- [11] Jensen Michael C, George A Bennington. Random walks and technical theories: Some additional evidence[J]. *Journal of Finance*, 1970, 25(2) : 469—482.
- [12] Banz Rolf. The relationship between return and market value of common stocks[J]. *Journal of Financial Economics*, 1981, 9(1) : 3—18.
- [13] Keim Donald B. Size related anomalies and stock return seasonality: Future empirical evidence[J]. *Journal of Financial Economics*, 1983, 12(1) : 13—32.
- [14] Reinganum Marc R. The anomalous stock market behavior of small firms in January: Empirical test for taxloss effect[J]. *Journal of Financial Economics*, 1983, 12(1) : 89—104.
- [15] French K. Stock returns and weekend effect[J]. *Journal of Financial Economics*, 1980, 8(1) : 55—70.
- [16] Gibbons Michael and Patrick Hess. Day of the week effects and asset returns[J]. *Journal of Business*, 1981, 54(1) : 54—76.
- [17] Basu S. Investment performance of common stocks in relation to their price earnings ratio[J]. *Journal of Finance*, 1977, 32(3) : 663—682.
- [18] Cusatis Patrick J, Miles James A, Woolridge J Randall. Restructuring through spin offs[J]. *Journal of Financial Economics*, 1993, 33(3) : 293—311.
- [19] Ikenberry David, Grame Rankine, Earl K Stice. What do stock split really signal?[J]. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1996, 31(3) : 357—377.
- [20] Desai Hemang, Prem C Jain. Long-run common stock returns following stock splits and reverse splits dividends[J]. *Journal of Business*, 1997, 70(3) : 409—434.
- [21] Mandelbrot B B. *The Fractal Geometry of Nature*[M]. New York: W H Freeman, 1982.
- [22] Falconer K J. *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*[M]. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- [23] Edgar E Peters. *Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics*[M]. New York: John Wiley & Sons, 1994. 39—49.
- [24] Edgar E Peters. *Chaos and Order in the Capital Markets*[M]. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [25] Hurst H E. Long-term storage of reservoirs[J]. *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, 1951, 116 : 770—808.
- [26] 史永东. 上海证券市场的分形结构[J]. *预测*, 2000, 19(5) : 78—80.
- Shi Yongdong. Fractal structure of stock returns in Shanghai's stock market[J]. *Forecast*, 2000, 19(5) : 78—80. (in Chinese)
- [27] 邹志勇. 金融数据的分形实证分析[J]. *电脑与信息技术*, 2001, 21(6) : 62—64.
- Zou Zhiyong. Empirical analysis on the fractal of finance data[J]. *Computer and Information Technology*, 2001, 21(6) : 62—64. (in Chinese)
- [28] 伍海华, 李道叶, 高锐. 论证券市场的分形与混沌[J]. *世界经济*, 2001, 24(7) : 32—37.
- Wu Haihua, Li Daoye, Gao Rui. Fractal and chaos in the securities market[J]. *World Economy*, 2001, 24(7) : 32—37. (in Chinese)
- [29] 胡宗义, 谭政勋. R/S分析模型与中国证券市场有效性检验[J]. *湖南大学学报(自然科学版)*, 2001, 28(6) : 13—17.
- Hu Zongyi, Tan zhengxun. R/S analysis model and efficient test of Chinese securities market[J]. *Journal of Hunan University(nature science)*, 2001, 28(6) : 13—17. (in Chinese)
- [30] 林勇, 奚李峰. 分形与分形市场假设[J]. *浙江万里学院学报*, 2002, 15(2) : 22—24.

- Lin Yong, Xi Lifeng. Fractal and hypothesized its application of fractal market[J]. Journal of Zhejiang Wanli University, 2002, 15(2): 22—24. (in Chinese)
- [31] 杨一文, 刘贵忠. 分形市场假说在沪深股票市场中的实证研究[J]. 当代经济科学, 2002, 24(1): 75—79.  
Yang Yiwen, Liu Guizhong. Empirical analysis on fractal market hypothesis in Shanghai and Shenzhen stock markets[J]. Modern Economic Science, 2002, 24(1): 75—79. (in Chinese)
- [32] 胡瑞安, 胡纪阳, 徐树公. 分形的计算机图象及其应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.  
Hu Ruian, Hu Jiyang, Xu Shugong. Computer Graphics and Applications of Fractal[M]. Beijing: China Railway Press, 1995. (in Chinese)
- [33] Stutzer M T. Chaotic dynamics and bifurcations in a macro model[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 1980, 4(3): 353—376.
- [34] Hesieh D. Testing for nonlinear dependence in daily foreign exchange rates[J]. Journal of Business, 1989, 62(3): 339—359.
- [35] Kodres L E, Papell D H. Nonlinear Dynamics in Foreign Exchange Futures Market[R]. Working Paper, University of Michigan, 1991.
- [36] Philipatos G C, Pilarnu E, Makiliaris A G. Chaotic Behavior in Stock Price of European Stock Markets: A Comparative Analysis of Major Economic Regions[R]. Working Paper, University of Tennessee, 1993.
- [37] Scheinkman J A, Le Baron B. Nonlinear dynamics and stock returns[J]. Journal of Business, 1989, 62(3): 311—337.
- [38] Eldridge R M, Coleman M P. The British FTSE 100 Index: Chaotically Deterministic or Random?[R]. Working Paper, School of Business, Fairfield Univ., 1993.
- [39] Abhyankar A, Copeland L S. Nonlinear Dynamics in Real Time Equity Market Indices[R]. Working Paper, 1994.
- [40] Takens F. On the numerical determination of the dimension of an attractor[A]. in: D. Rand, L. S. Young (Eds.), Dynamical Systems and Turbulence[M]. Warwick, 1980, Lecture Note in Mathematics, 1981, 898: 316—381.
- [41] Grassberger P, Procaccia I. Measuring the strange ness or strange attractors[J]. Physica D, 1983, 9(1-2): 189—208.
- [42] Broomhead D S, King G P. Extracting qualitative dynamics from experimental data[J]. Physica D, 1986, 20(2-3): 217—236.
- [43] Vautard R, Ghil M. Singular spectrum analysis in nonlinear dynamics with applications to paleoclimatic time series[J]. Physica D, 1989, 35(3-4): 395—424.
- [44] Kennel M, Brown R, Abarbanel H. Determining embedding dimension for phase space reconstruction using a geometrical construction[J]. Physical Review A, 1992, 45(6): 3403—3411.
- [45] Cao L. Practical method for determining the minimum embedding dimension of a scalar time series[J]. Physica D, 1997, 110(1-2): 43—50.
- [46] Cao L, Mees A, Judd K. Dynamics from multivariate time series[J]. Physica D, 1998, 121(1-2): 75—88.
- [47] Cao Liangyue, Soofi A S. Nonlinear deterministic forecasting of daily dollar exchange rates[J]. International Journal of Forecasting, 1999, 15(4): 421—430.
- [48] Meese R A, Rose A K. An empirical assessment of nonlinearities in modes of exchange rate determination[J]. Review of Economic Studies, 1991, 58(3): 603—619.
- [49] Frank M Z, Stengos T. Measuring the strangeness of gold and silver rates of return[J]. Review of Economic Studies, 1989, 56(4): 553—567.
- [50] Mizraeh B. Multivariate Nearest neighbour forecasts of EMS exchange rates[J]. Journal of Applied Econometrics, 1992, 7(S): 151—163.
- [51] 王德佳, 朱海英, 于海, 朱伟勇. 证券市场中的混沌分形现象与多分形走动[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2001, 22(5): 501—504.  
Wang Dejia, Zhu Haiying, Yu Hai, Zhu Weiyong. Chaotic-fractal phenomena and multi-fractal model in securities business[J]. Journal of Northeastern University (Nature Science), 2001, 22(5): 501—504. (in Chinese)
- [52] 刘文财, 刘豹, 张维. 中国股票市场混沌动力学预测模型[J]. 系统工程理论方法应用, 2002, 11(1): 12—14.  
Liu Wencai, Liu Bao, Zhang Wei. Forecasting model of chaos dynamics in stock market in China[J]. Systems Engineering—Theory Methodology Applications, 2002, 11(1): 12—14. (in Chinese)
- [53] 宋学峰, 顾世清. 深沪证券市场股价波动的混沌度及其调控方法[J]. 管理科学学报, 2000, 3(1): 53—57.

- Song Xuefeng, Gu Shiqing. The chaos degree of both Shenzhen and Shanghai stock markets and its controlling methods[J]. Journal of Management Sciences in China, 2000, 3(1): 53—57. (in Chinese)
- [54] 吕先进, 邹新月. 时间序列分数维计算的特征分析[J]. 系统工程, 2001, 19(1): 84—88.  
Lu Xianjin, Zou Xinyue. The characteristic analysis of the calculating for the time series fractal dimension[J]. Systems Engineering, 2001, 19(1): 84—88. (in Chinese)
- [55] 陈国华, 马军海, 陈春旺, 盛昭瀚. 经济时序动力系统最佳嵌入维数的选取及应用研究[J]. 天津大学学报, 2001, 34(2): 158—162.  
Chen Guohua, Ma Junhai, Chen Chunwang, Sheng Zhaohan. Study on some problems about selecting fractal dimension for the chaotic economic time series[J]. Journal of Tianjin University, 2001, 34(2): 158—162. (in Chinese)
- [56] 周佩玲, 储阅春, 吴耿锋, 付忠谦. 相空间重构在股票短期预测中的应用[J]. 中国科学技术大学学报, 1999, 29(3): 357—362.  
Zhou Peiling, Chu Yuechun, Wu Genfeng, Fu Zhongqian. Stock prediction based on method of phase construction[J]. Journal of China University of Science and Technology, 1999, 29(3): 357—362. (in Chinese)
- [57] 张永安. 混沌经济系统非线性预测模型的比较分析[J]. 西北轻工业学院学报, 2000, 18(4): 74—79.  
Zhang Yong'an. The comparison of nonlinear forecasting in chaos economical system[J]. Journal of Northwest Institute of Light Industry, 2000, 18(4): 74—79. (in Chinese)
- [58] 杨一文, 刘贵忠, 张宗平. 基于嵌入理论和神经网络技术的混沌数据预测及其在股票市场中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(6): 52—58.  
Yang Yiwen, Liu Guizhong, Zhang Zongping. Chaotic data prediction and its applications in stock market based on embedding theory and neural networks[J]. Theory and Practice of Systems Engineering, 2001, 21(6): 52—58. (in Chinese)
- [59] Thom R. 结构稳定性与形态发生学[M]. 四川: 四川教育出版社, 1992.  
Thom R. Structural Stability and Morphogenesis[M]. Sichuan: Sichuan Education Press, 1992. (in Chinese)
- [60] Day R, Chen P, eds. Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics[M]. New York: Oxford University Press, 1993.
- [61] Godwin R M. Chaotic Economic Dynamics[M]. New York: Oxford University Press, 1990.
- [62] Arcangelis G D, Gandolfo G. Nonlinear phenomenon economics: The exchange rate[J]. Nonlinear Analysis, 1997, 30(2): 1043—1049.
- [63] 吴开微. 资本市场的非线性分析[J]. 集美大学学报(哲学社会科学版), 2000, 3(3): 56—61.  
Wu Kaiwei. Nonlinear analysis on capital markets[J]. Journal of Jimei University(Philosophy and Social Sciences), 2000, 3(3): 56—61. (in Chinese)
- [64] 周焯华, 张宗益. 股票内在价值的突变分析模型[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 1999, 22(6): 100—105.  
Zhou Zhuohua, Zhang Zongyi. An catastrophe model of the stock's inherent value[J]. Journal of Chongqing University (Nature Science), 1999, 22(6): 100—105. (in Chinese)
- [65] 李一智, 侯晓鸿, 刘咏梅, 林旭东. 期货价格突变论模型的建立和分析[J]. 中南工业大学学报(社会科学版), 1999, 5(1): 14—17.  
Li Yizhi, Hou Xiaohong, Liu Yongmei, Lin Xudong. Model formation and analysis of futures price catastrophe theory[J]. Journal of Mid-South Industry University (Social Science), 1999, 5(1): 14—17. (in Chinese)
- [66] 徐玖平, 唐建平. 非线性动态市场价格的突变分析[J]. 系统工程理论与实践, 2000, 20(4): 48—53.  
Xu Jiuping, Tang Jianping. Catastrophe analysis on price of nonlinear dynamical market[J]. Theory and Practice of Systems Engineering, 2000, 20(4): 48—53. (in Chinese)
- [67] Hersh Shefrin, Meir Statman. Behavioral portfolio theory[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2000, 35(2): 127—151.
- [68] Barberis Nicholas, Andrei Shleifer, Robert W Vishny. A model of invest or sentiment[J]. Journal of Economics, 1998, 49(3): 307—343.
- [69] Daniel Kent, David Hirshleifer, Avaniidhar Subrahmanyam. Investor psychology and security market under and over-reactions[J]. Journal of Finance, 1998, 53(6): 1839—1885.
- [70] Lakonishok Josef, Andrei Shleifer, Robert W Vishny. Contrarian investment, extrapolation and risk[J]. Journal of Finance,

1994, 49(5) : 1541—1578.

[71] Loughran Tim, Jay R Ritter. The new issues puzzle[J]. Journal of Finance, 1995, 50(1) : 23—51.

[72] Dharan Bala G. David L Ikenberry. The long run negative drift of post-listing stock returns[J]. Journal of Finance, 1995, 50(5) : 1547—1574.

[73] Harrison Hong, Jeremy C Stein. A unified theory of under reaction, momentum trading, and over reaction in asset markets[J]. Journal of Finance, 1999, 54(6) : 2143—2184.

[74] Vaga T. The coherent market hypothesis[J]. Financial Analysts Journal, 1990, 46(1) : 36—49.

## On non-linearity in capital market—summary and prospect

*CUI Xin, SHAO Yun, WANG Zong-jun*

College of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract :** The anomalies in capital market and many demonstration researches have indicated that efficient markets hypothesis (EMH) and modern capital market theory system based on the hypothesis often conflict with the facts from real markets. In this paper, some non-linearity theories, such as fractal theory, chaos theory, catastrophe theory, behavior finance theory, coherent market hypothesis, have been introduced, and the status in quo of these studies and their applications in capital market have been summarized. The prospects and main problems of nonlinearity theory existing in present capital market researches and applications have been pointed out.

**Key words :** capital market; non-linearity; EMH; fractal; chaos