



基于多重分形聚类的证券市场指数波动性比较研究

黄超¹, 龚惠群², 仲伟俊¹

1 东南大学 经济管理学院, 南京 210096

2 南京信息工程大学 经济管理学院, 南京 210044

摘要:根据反映指数波动多重分形特征的概率函数,分别使用欧式距离函数和退化了的Manhattan距离函数作为广义分形维和多重分形谱两个特殊值的相似性度量函数。在此基础上使用层次聚类方法,通过多重分形特征量之间的相似性对亚洲金融危机和全球金融危机期间全球证券市场24个主要指数的波动性进行比较研究。研究表明,与亚洲金融危机相比,在全球金融危机期间,从整体上看,各指数波动的一致性明显降低,许多国家或地区的证券市场开始呈现出独特的波动特征,中国证券市场最为明显;从波动的均匀性看,绝大部分指数波动更加不均匀,并且也呈现出分化的特点;从波动的区间看,绝大部分指数都围绕较高的指数值波动,并且呈现出一定程度的趋同现象。聚类分析的结果为深入分析不同国家和地区证券市场的复杂结构和内部机理提供了新的思路。

关键词:证券市场;多重分形;波动性;聚类

中图分类号:F830.9

文献标识码:A

文章编号:1672-0334(2010)03-0088-08

1 引言

近年来许多针对证券市场的研究表明,由于受到复杂的非线性因素影响,证券市场往往并不符合有效市场假设,其资产价格往往呈现出复杂的非线性特征。作为一种重要的非线性方法,多重分形分析方法将复杂对象分成多个奇异程度不同的子区域,并借助统计物理的方法描述对象在不同子区域的分形特征以及各子区域对整体对象的影响。由于多重分析方法能够对资产价格进行更加细致的分解,得到资产价格在不同时间标度、不同波动幅度方面的精细信息,从而更加真实地描述资产价格变化的复杂统计特征,因此近年来在证券市场领域受到广泛的关注。对众多国家和地区的实证研究都表明,多重分形特征在全球证券市场中广泛存在^[1-5],多重分形分析方法已经成为一类重要的资产价格波动研究方法。

2 相关研究评述

对证券市场指数波动的研究是金融领域的一个

重要研究内容。对指数波动进行多重分形分析,可以精确描述指数不同波动幅度的不同标度关系,多重分形分析所得到的特征量(如广义分形维、多重分形谱等),能够反映指数波动所具有的高级、精细的结构,而这种结构使用传统的分析方法很难发现,因此近年来多重分形分析得到广泛应用。王鹏等分析上证综合指数和标准普尔500指数高频数据的多重分形特征,并研究基于分形特征量的波动率测度^[6];苑莹等对上证综合指数发生大幅度波动前后其多重分形谱的变化规律进行研究^[7];Jiang等对标准普尔500指数高频数据的波动幅度与时间标度之间的关系进行研究^[8];Selçuk等对道琼斯指数日内高频数据的多重分形及波动性进行研究^[9]。

由于不同国家或地区的证券市场具有不同的动力学特征,其指数波动也呈现出不同的非线性特征。对不同证券市场的指数波动进行多重分形分析,并对得到的多重分形特征量进行比较研究,能够深入分析不同国家和地区证券市场指数波动的相似性和差异性,从而深入了解不同市场的风险程度和运行

收稿日期:2010-02-01 修返日期:2010-05-31

基金项目:中国博士后科学基金(20080441009)

作者简介:黄超(1977-),男,湖南衡阳人,毕业于复旦大学,获博士学位,现为东南大学经济管理学院副教授,研究方向:金融时间序列分析和金融工程等。E-mail:huangchao@seu.edu.cn

机制,对证券市场指数的多重分形特征进行比较研究已经开始受到关注。胡雪明等采用多重分形消除趋势波动分析法,对上证综合指数与深圳成份指数的广义 Hurst 指数进行比较研究^[10];张曙光等使用 R/S 分析方法,通过比较上证指数和恒生指数的 Hurst 维数,研究这两个指数分形特征的相似性^[11];苑莹等对上证指数、恒生指数和纳斯达克指数收益率的多重分形特征进行研究,并对多重分形特征的强弱及相关方面进行比较^[12];Wei 等对上证综合指数高频数据的多重分形特征进行研究,并与恒生指数进行对比分析^[13];Zunino 等对美国、巴西、阿根廷等 6 个美洲国家的多重分形特征进行比较,在此基础上进行市场有效性的分类研究^[14]。但是上述研究均只对少数国家和地区的指数进行多重分形特征的比较,没有发现基于多重分形特征量之间的相似性对全球证券市场主要指数的波动性进行系统比较的研究成果。

本研究根据能够反映指数波动多重分形特征的概率函数,分别定义针对广义分形维和多重分形谱两个特殊值的相似性度量函数,以 1997 年~1999 年亚洲金融危机和 2007 年~2009 年全球金融危机期间全球证券市场的 24 个主要指数为研究对象,通过对广义分形维和多重分形谱的特殊值进行聚类分析,分别对两次金融危机期间 24 个指数的波动特征进行研究,在此基础上通过对比两次金融危机期间的聚类结果,进一步对指数波动特征的变化进行深入的比较分析。

3 指数波动的多重分形特征量

分形是指部分以某种形式与整体相似的对象,描述分形对象最常用的度量是该对象的维度,称为分形维,常用的分形维包括容量维、信息维和关联维等。对于比较简单的对象,使用一个分形维就能较好地描述该对象的精细结构和复杂性,然而证券市场指数在其形成过程中往往受众多复杂的非线性因素影响,因而在不同局部区域和不同层次呈现出不同的特征,对于这类复杂对象需要使用多个甚至是无限个分形维描述对象的不同局部和不同层次的特征,这样的分形维称为广义分形维,记为 D_q (q 为任意实数),这类复杂对象称为多重分形。多重分形分析借助统计物理的方法描述复杂对象在不同局部和不同层次中的分形特征,每个层次的分形特征都用不同的参量表示,这些不同的参量构成多重分形特征量。

广义分形维 D_q 是一类重要的多重分形特征量,对指数而言其计算可以使用盒计数方法。假设指数序列可以等分为 k 个子序列,令每个子序列的线度大小为 ε ,第 i 个子序列的概率函数记为 $P_i(\varepsilon)$ 。定义配分函数 $\chi_q(\varepsilon)$ 为各子序列概率函数的加权和,即 $\chi_q(\varepsilon) = \sum P_i(\varepsilon)^q = \varepsilon^{-\tau(q)}$, $\tau(q)$ 为 q 的函数,一般称为质量指数。此时 $\tau(q) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log \chi_q(\varepsilon)}{\log \varepsilon}$, 由质量指数

$\tau(q)$ 可以得到广义分形维 D_q ,其计算方法为^[3]

$$D_q = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\tau(q)}{q-1} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{q-1} \cdot \frac{\log \chi_q(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad (1)$$

为了计算指数的广义分形维,需要定义一种计算概率函数 $P_i(\varepsilon)$ 的方法。事实上因分析目的不同,可以定义多种概率函数 $P_i(\varepsilon)$ 的计算方法,从而研究指数序列在某些特定方面的多重分形特征^[3]。假设指数被划分为等长度的 k 个子序列,每个子序列内有 N 个数据, x_{ij} 为第 i 个子序列中的第 j 个数据, \bar{X} 为整个指数的平均值。黄超等使用如下的概率函数研究股票的方差变动^[15],即

$$P_i(\varepsilon) = \frac{\sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})^2} \quad (2)$$

孙霞等提出如下概率函数^[16],即

$$P_i(\varepsilon) = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}} \quad (3)$$

根据(3)式计算得到的概率函数 $P_i(\varepsilon)$,度量了第 i 个子序列内数据的和占整个指数数据和的比例。若某个子序列的概率函数值 $P_i(\varepsilon)$ 越大,表明该子序列聚集在较高的指数值附近产生波动,反之则聚集在较低的指数值附近波动。通过对各子序列的概率函数进行加权求和,可以使用(1)式计算指数的广义分形维,从而描述指数波动性的多重分形特征。在本研究中使用(3)式的概率函数进行指数多重分形特征的研究。

通过 Legendre 变换,可以由广义分形维得到另一类多重分形特征量,即由奇异指数 α_q 和奇异谱 $f(\alpha_q)$ 组成的多重分形谱,其计算方法为^[3]

$$\alpha_q = \frac{d[(q-1)D_q]}{dq} \quad (4)$$

$$f(\alpha_q) = \alpha q - \tau(q) \quad (5)$$

对于由 α_q 和 $f(\alpha_q)$ 构成的多重分形谱,通常关心的是多重分形谱的宽度 $\Delta\alpha$ 和反映最大、最小概率子集分形维数差别的 Δf 这两个特殊值,孙霞等对 $\Delta\alpha$ 和 Δf 的物理含义进行了详细讨论^[16]。多重分形谱的宽度 $\Delta\alpha = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$,结合(3)式中概率函数的定义, $\Delta\alpha$ 在统计意义上反映指数序列波动的均匀程度,对于某个指数,如果其在不同时间的波动越不均匀, $\Delta\alpha$ 越大,反之则 $\Delta\alpha$ 较小。反映最大、最小概率子集分形维数差别的 $\Delta f = f(\alpha_{\min}) - f(\alpha_{\max})$,结合(3)式中概率函数的定义,对于某个指数,如果其更多的围绕较高指数值产生波动, Δf 越大,反之则 Δf 较小。

4 多重分形特征量的相似性度量函数

通过上面的分析可知,对于(3)式中的概率函数,若某些指数的广义分形维接近,则表示这些指数

波动的精细结构和复杂性从整体上而言是相似的;若某些指数的 $\Delta\alpha$ 接近,则表明这些指数在波动的均匀性方面类似;若某些指数的 Δf 接近,则表明这些指数在围绕较高指数值或较低指数值产生波动的方面接近。接下来通过对多重分形特征量进行聚类的方法,对全球证券市场主要指数的波动性进行比较研究。

聚类是根据对象在某个特征量之间的相似性,将多个对象分成不同的类别,每个类别中的对象尽可能相似,而不同类别中的对象具有明显的差别^[17,18]。由于聚类分析能够根据不同的特征量发现对象在不同方面的相似性程度,近年来在金融领域被广泛用于指数波动性分析、投资价值分析和投资组合研究等^[19-21]。对多重分形特征量进行聚类分析,一个重要的问题就是判断特征量之间的相似性程度,即确定特征量之间的相似性度量函数。对于具有向量形式的广义分形维,可以使用欧氏距离函数作为相似性度量函数^[18]。令指数 A 的广义分形维为 $D_A, D_A = \{D_{q_1}(A), D_{q_2}(A), \dots, D_{q_k}(A)\}$,指数 B 的广义分形维为 $D_B, D_B = \{D_{q_1}(B), D_{q_2}(B), \dots, D_{q_k}(B)\}$,下标 q_1, \dots, q_k 可为任意实数,它们之间的欧式距离为

$$\text{Dist}(D) = \sqrt{\sum_{i=1}^k [D_{q_i}(A) - D_{q_i}(B)]^2} \quad (6)$$

对于多重分形谱的特殊值 $\Delta\alpha$ 和 Δf ,由于其均为单变量,因此可以使用退化了的Manhattan距离函数^[18]。若指数 A 的多重分形谱的宽度记为 $\Delta\alpha_A$,最大、最小概率子集分形维数的差别记为 Δf_A ;指数 B 的多重分形谱的宽度记为 $\Delta\alpha_B$,最大、最小概率子集分形维数的差别记为 Δf_B ,则有

$$\text{Dist}(\Delta\alpha) = |\Delta\alpha_A - \Delta\alpha_B| \quad (7)$$

$$\text{Dist}(\Delta f) = |\Delta f_A - \Delta f_B| \quad (8)$$

定义上述相似性度量函数后,本研究使用层次聚类法进行相应的实证研究。

5 实证分析

以全球证券市场的24个主要指数作为研究对象,具体包括道琼斯综合指数(1)、标准普尔500指数(2)、纳斯达克综合指数(3)、加拿大S&P-TSX综合指数(4)、阿根廷MerVal指数(5)、巴西Bovespa指数(6)、墨西哥IPC指数(7)、伦敦金融时报100指数(8)、德国法兰克福DAX指数(9)、法国CAC40指数(10)、瑞典斯德哥尔摩指数(11)、荷兰阿姆斯特丹AEX指数(12)、比利时布鲁塞尔BEL20指数(13)、西班牙IBEX35指数(14)、意大利MIBTel指数(15)、澳洲综合指数(16)、韩国KOSIP指数(17)、日经225指数(18)、台湾加权指数(19)、香港恒生指数(20)、新加坡海峡时报指数(21)、印度BSE30指数(22)、上证综合指数(23)、深圳成份指数(24)。为了描述简便,在下文中用序号代表每个国家或地区的指数。本研究选取1997年7月~1999年6月亚洲金融危机

期间和从次贷危机开始的2007年2月~2009年2月全球金融危机期间每个指数的日收盘价数据进行相关实证研究。

5.1 广义分形维聚类结果和比较

针对两个时间段,分别使用层次聚类法对上述24个指数的广义分形维 D_q 进行聚类($q = -10, -8, \dots, 10$),当目标类别的个数分别为3类和5类时,其聚类结果如表1和表2所示。

表1 目标类别为3类时广义分形维聚类结果

Table 1 Clustering Result of D_q When There Are Three Target Classes

目标类别	聚类结果	
	1997年7月~1999年6月	2007年2月~2009年2月
类别1	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 22, 23, 24	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 17
类别2	6, 15, 20, 21	5, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22
类别3	5, 12, 17	23, 24

表2 目标类别为5类时广义分形维聚类结果

Table 2 Clustering Result of D_q When There Are Five Target Classes

目标类别	聚类结果	
	1997年7月~1999年6月	2007年2月~2009年2月
类别1	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 22, 23, 24	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16, 17
类别2	6, 15, 21	11, 12, 15, 18, 19, 21
类别3	5, 17	5, 13
类别4	12	20, 22
类别5	20	23, 24

从表1和表2可以发现,两次金融危机期间的聚类结果具有明显不同的特征。1997年7月~1999年6月亚洲金融危机期间的聚类结果表现出明显的集中性,无论目标类别的个数是3类还是5类,除了阿根廷、巴西、荷兰、意大利、韩国、香港、新加坡等7个国家或地区,其余国家或地区的17个指数的广义分形维都属于同一类。说明这些国家或地区指数波动的多重分形特征是非常接近的,这些指数的波动性在整体上具有相似的精细结构和统计特征。这样的聚类结果表明,1997年7月~1999年6月亚洲金融

危机期间,全球证券市场的波动性具有较强的一致性,仅有少数市场具有独特的波动性。

在2007年2月~2009年2月全球金融危机期间,虽然美国、加拿大、墨西哥、英国、德国、法国、西班牙和澳大利亚等8个国家证券市场指数波动的多重分形特征与10年前相同,仍然具有较强的相似性并都归属于类别1,但是全球证券市场指数的波动性已经呈现出明显的分化特征。以表1为例,2007年2月~2009年2月全球金融危机期间,类别1中仅包括12个指数,较1997年7月~1999年6月亚洲金融危机期间类别1中的17个指数出现了明显的分散。由表2可以发现,全球金融危机期间仅有韩国、巴西与上述8个国家的指数同属于类别1,其余所有国家和地区的12个指数波动都呈现出不同的多重分形特征,分别属于其他4个类别。其中最为明显的是中国证券市场,上证综合指数和深圳成份指数的波动表现出与其他所有指数完全不同的多重分形特征,无论目标类别的个数是3类还是5类都独自成为一类,这在一定意义上说明中国证券市场

的发展已经日益成熟,体现出一些独有的特征。

图1和图2分别给出了2007年2月~2009年2月期间当聚类为3类和5类时,每一类别中指数广义分形维的平均值 \bar{D}_q 与下标 q 的变化关系。从图1和图2可以发现,由中国的上证综合指数和深圳成份指数构成的类别与其他类别的广义分形维具有明显的差异。综合表1和表2的聚类结果,2007年2月~2009年2月期间全球证券市场波动的一致性已经明显降低,许多国家或地区的证券市场开始呈现出独特的波动特征。

5.2 $\Delta\alpha$ 和 Δf 聚类结果和比较

由于广义分形维仅从整体上描述指数波动的多重分形特征,为进一步比较各指数在波动均匀性和波动幅度方面的相似程度,接下来对多重分形谱的两个特殊值,即多重分形谱的宽度 $\Delta\alpha$ 和反映最大、最小概率子集分形维数差别的 Δf 进行聚类分析。上述24个指数在1997年7月~1999年6月和2007年2月~2009年2月期间的 $\Delta\alpha$ 和 Δf 值如表3所示,表3同时给出上述两个期间中24个指数 $\Delta\alpha$ 和 Δf 的平均值。

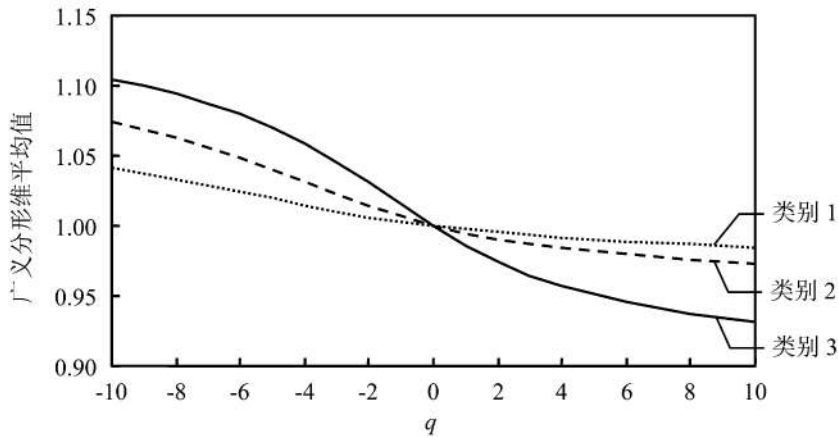


图1 目标类别为3类时的广义分形维
Figure 1 D_q When There Are Three Target Classes

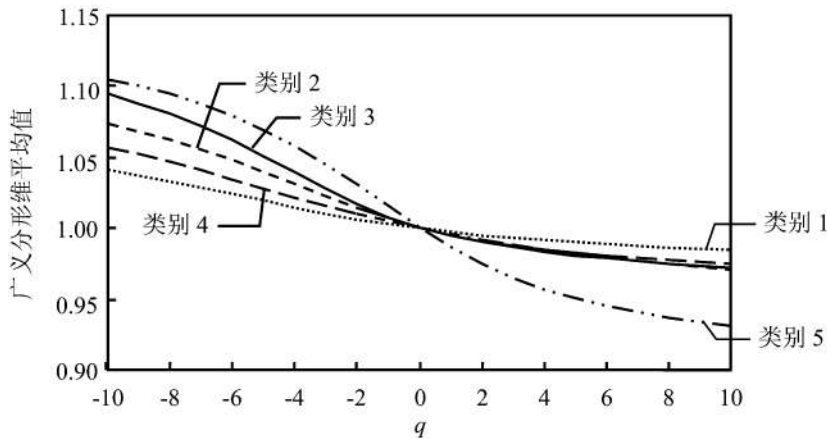


图2 目标类别为5类时的广义分形维
Figure 2 D_q When There Are Five Target Classes

表3 不同期间指数的 $\Delta\alpha$ 和 Δf 值
Table 3 Values of $\Delta\alpha$ and Δf in Different Periods

指数 序号	1997年7月~1999年6月		2007年2月~2009年2月		指数 序号	1997年7月~1999年6月		2007年2月~2009年2月	
	$\Delta\alpha$	Δf	$\Delta\alpha$	Δf		$\Delta\alpha$	Δf	$\Delta\alpha$	Δf
1	0.027	-0.020	0.066	0.218	14	0.085	0.091	0.105	0.260
2	0.053	-0.030	0.105	0.313	15	0.113	0.131	0.166	0.261
3	0.089	-0.140	0.107	0.330	16	0.013	-0.010	0.111	0.297
4	0.024	0.015	0.094	0.317	17	0.205	0.016	0.114	0.251
5	0.177	0.021	0.186	0.451	18	0.043	-0.040	0.161	0.283
6	0.133	0.215	0.121	0.189	19	0.064	0	0.155	0.331
7	0.078	0.108	0.082	0.240	20	0.143	-0.070	0.146	0.239
8	0.031	0.006	0.079	0.211	21	0.159	0.177	0.160	0.340
9	0.056	-0.002	0.099	0.237	22	0.055	0.010	0.147	0.192
10	0.075	0.042	0.118	0.251	23	0.017	-0.020	0.246	0.103
11	0.033	0	0.155	0.229	24	0.086	0.055	0.239	0.110
12	0.187	0.215	0.169	0.394	均值	0.084	0.035	0.138	0.269
13	0.068	0.057	0.190	0.399					

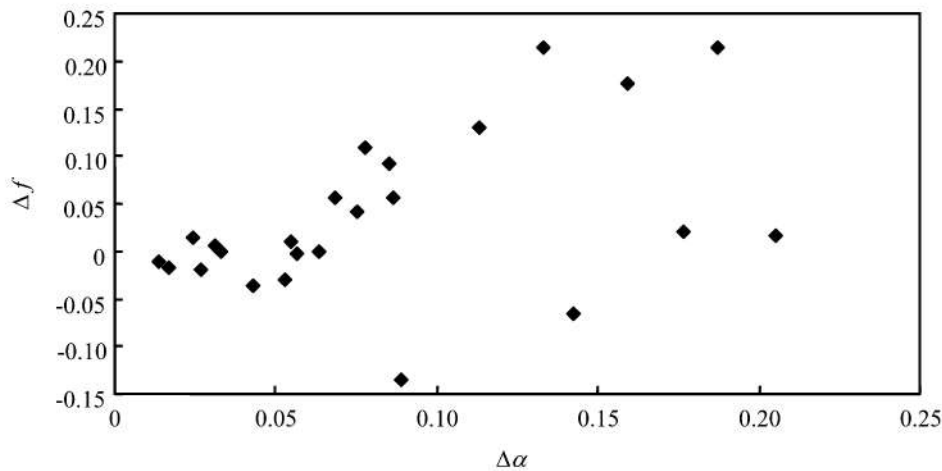


图3 1997年7月~1999年6月期间 $\Delta\alpha$ 与 Δf 散点图
Figure 3 Scatter Picture of $\Delta\alpha$ and Δf from July, 1997 to June, 1999

从表3可以发现,与1997年7月~1999年6月期间相比较,2007年2月~2009年2月期间大部分指数的 $\Delta\alpha$ (仅6、12、17例外)和 Δf (仅6例外)的值均有所增长。从平均值看,24个指数在2007年2月~2009年2月期间 $\Delta\alpha$ 和 Δf 的值较1997年7月~1999年6月期间分别增加了0.643倍和6.686倍。下面分别给出1997年7月~1999年6月和2007年2月~2009年2月期间,由24个指数的 $\Delta\alpha$ 值和 Δf 值构成的散点图,如图3和图4所示,可以发现 $\Delta\alpha$ 值和 Δf 值整体上具有明显的增加。根据 $\Delta\alpha$ 和 Δf 的含义,这样的结果表明,在2007年2月~2009年2月的全球金融危机期间,大部分指数的波动更加不均匀,并且更频繁的在

较高的指数值附近产生波动。

分别对1997年7月~1999年6月和2007年2月~2009年2月期间24个指数的 $\Delta\alpha$ 和 Δf 进行聚类,当目标类别为3类时,聚类的结果如表4所示。

比较表4的聚类结果可以发现,在1997年7月~1999年6月期间,基于 $\Delta\alpha$ 进行聚类得到的3个类别中分别有17个、4个和3个指数,而在2007年2月~2009年2月期间得到的3个类别中则分别各有12个、10个和2个指数,其结果与表1基于广义分形维的聚类结果完全一致,可见基于 $\Delta\alpha$ 的聚类结果也呈现出明显的分散性。与之相对,在1997年7月~1999年6月期间,基于 Δf 进行聚类得到的3个类别

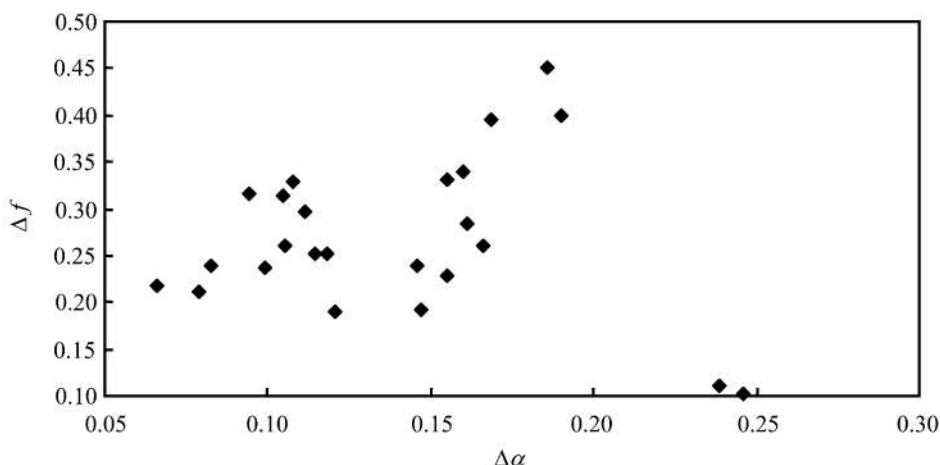


图4 2007年2月~2009年2月期间 $\Delta\alpha$ 与 Δf 散点图

Figure 4 Scatter Picture of $\Delta\alpha$ and Δf from February, 2007 to February, 2009

表4 目标类别为3类时基于 $\Delta\alpha$ 和 Δf 的聚类结果

Table 4 Clustering Result of $\Delta\alpha$ and Δf When There Are Three Target Classes

目标类别	聚类结果			
	1997年7月~1999年6月		2007年2月~2009年2月	
	$\Delta\alpha$	Δf	$\Delta\alpha$	Δf
类别1	1,2,3,4,7,8,9,10,11, 13,14,16,18,19,22, 23,24	1,2,4,5,8,9,10,11, 13,16,17,18,19,22, 23,24	1,2,3,4,6,7,8,9,10, 14,16,17	1,2,3,4,6,7,8,9,10, 11,14,15,16,17,18, 19,20,21,22
类别2	6,15,20,21	6,7,12,14,15,21	5,11,12,13,15,18,19, 20,21,22	5,12,13
类别3	5,12,17	3,20	23,24	23,24

中分别有16个、6个和2个指数,而在2007年2月~2009年2月期间得到的3个类别中则分别有19个、3个和2个指数,阿根廷 MerVal 指数、荷兰阿姆斯特丹 AEX 指数和比利时布鲁塞尔 BEL 20 指数构成类别2,中国的上证综合指数和深圳成份指数构成类别3,其余国家和地区的19个指数构成了类别1,这说明基于 Δf 的聚类结果反而呈现出一定程度的集中性。上述聚类结果表明,与1997年7月~1999年6月的亚洲金融危机期间相比,2007年2月~2009年2月的全球金融危机期间全球证券市场指数尽管在波动的均匀性方面不再高度一致,开始呈现出分化的特征,但是在围绕较高指数数值还是较低指数数值波动方面却出现了趋同的现象。当目标类别的个数为5时,也得到了类似的聚类结果,在此不再赘述。

6 结论

本研究基于多重分形聚类方法,对1997年7月~1999年6月亚洲金融危机和2007年2月~2009年

2月全球金融危机期间全球证券市场24个主要指数的波动特征进行比较研究。结果表明在全球金融危机期间,从整体上看各指数波动的一致性已经明显降低,呈现出分化的特点,许多国家或地区的证券市场开始呈现出独特的波动特征,其中中国证券市场体现的最为明显;从波动的均匀性看,绝大部分指数波动更加不均匀,并且各指数在波动均匀性方面也呈现出分化的特点。这主要是由于两个方面的原因,一方面,本次全球金融危机由美国的次贷危机引发,在当前金融市场高度全球化的背景下,其影响被迅速传递和放大,对全球证券市场的影响范围和程度远远大于1997年的亚洲金融危机,因此导致各指数普遍呈现出更不均匀波动的现象。另一方面,随着2002年以来欧元的正式流通以及近年来一些新兴国家经济的迅速发展,荷兰、比利时、意大利等部分欧元区国家以及中国、印度等新兴国家和经济体的证券市场不断发展完善,因此不再像亚洲金融危机期间那样与美国、英国、德国等少数发达国家证券市

场的波动保持较高程度的一致,从而各指数的波动特征开始呈现出明显的分化。

对中国证券市场的进一步分析可以发现,2007年2月~2009年2月期间上证综合指数和深圳成份指数的 $\Delta\alpha$ 值明显高于其他指数, Δf 值则明显低于其他指数。从聚类结果看,无论是基于 $\Delta\alpha$ 还是 Δf 进行聚类,上证综合指数和深圳成份指数均已经独立成为一类,并在3个类别中具有最大的 $\overline{\Delta\alpha}$ 值($\overline{\Delta\alpha} = 0.243$),说明在2007年2月~2009年2月期间中国证券市场的波动最不均匀。与1997年7月~1999年6月期间上证综合指数和深圳成份指数 $\Delta\alpha$ 的平均值($\overline{\Delta\alpha} = 0.052$)相比,2007年2月~2009年2月期间 $\overline{\Delta\alpha}$ 增加了3.654倍,远高于24个指数 $\overline{\Delta\alpha}$ 的平均增幅0.643倍,说明从多重分形的角度看,由本次全球金融危机引发的各种因素对中国证券市场的综合影响程度远远大于亚洲金融危机。然而中国并不存在与美国等发达国家类似的金融衍生品过度创新的问题,国内银行参与境外金融市场的程度也较低,金融市场的开放程度也不高,出现这种现象的一个重要原因在于中国的产业结构整体上仍处于低端,金融危机不仅对中国证券市场带来直接影响,更对中国实体经济产生巨大冲击,从而间接引发证券市场的波动。从长远看,中国一方面需要加快调整产业结构,转变发展方式,大力增强实体经济的国际竞争力;另一方面要加强风险防范,积极、稳步的推进金融市场开放和金融衍生产品的发展,从而促进中国证券市场的健康发展。

参考文献:

- [1] Lee J W, Lee K E, Rikvold P A. Multifractal Behavior of the Korean Stock Market Index KOSPI [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2006, 364 (May): 355-361.
- [2] 魏宇, 黄登仕. 中国股票市场多标度分形特征的实证研究 [J]. *系统工程*, 2003, 21(3): 7-12. Wei Y, Huang D S. A Study on the Multifractal Feature of Chinese Stock Market [J]. *Systems Engineering*, 2003, 21(3): 7-12. (in Chinese)
- [3] Sun X, Chen H, Wu Z, Yuan Y Z. Multifractal Analysis of Hang Seng Index in Hong Kong Stock Market [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2001, 291(1-4): 553-562.
- [4] Cajueiro D O, Tabak B M. Multifractality and Herding Behavior in the Japanese Stock Market [J]. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2009, 40(1): 497-504.
- [5] 苑莹, 庄新田. 金融时间序列的标度特性实证研究 [J]. *管理工程学报*, 2008, 22(2): 85-89. Yuan Y, Zhuang X T. Empirical Research on the Scaling Properties of Financial Time Series [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2008, 22(2): 85-89. (in Chinese)
- [6] 王鹏, 魏宇. 金融市场的多分形特征及与波动率测度的关系 [J]. *管理工程学报*, 2009, 23(4): 166-169. Wang P, Wei Y. Multi-fractal Phenomenon and Volatility Measure [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2009, 23(4): 166-169. (in Chinese)
- [7] 苑莹, 庄新田. 多重分形理论在股市大幅波动中的应用 [J]. *系统管理学报*, 2008, 17(3): 278-282. Yuan Y, Zhuang X T. Application Research of Multifractal Theory in Sharp Fluctuations of Stock Market [J]. *Journal of Systems & Management*, 2008, 17(3): 278-282. (in Chinese)
- [8] Jiang Z Q, Zhou W X. Scale Invariant Distribution and Multifractality of Volatility Multipliers in Stock Market [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2007, 381 (July): 343-350.
- [9] Selçuk F, Gençay R. Intraday Dynamics of Stock Market Returns and Volatility [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2006, 367: 375-387.
- [10] 胡雪明, 宋学锋. 沪深股票市场的多重分形分析 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2003(8): 124-127. Hu X M, Song X F. Multifractal Analysis of both Shenzhen and Shanghai Stock Market [J]. *Quantitative & Technical Economics*, 2003(8): 124-127. (in Chinese)
- [11] 张曙光, 崔翔宇. 恒生指数和上证指数相似性分析 [J]. *运筹与管理*, 2006, 15(5): 116-121. Zhang S G, Cui X Y. Analysis of Similarity of Hang Seng Index to Shanghai Index [J]. *Operations Research and Management Science*, 2006, 15(5): 116-121. (in Chinese)
- [12] 苑莹, 庄新田, 金秀. 不同股市收益率的多重分形比较 [J]. *管理学报*, 2009, 6(4): 502-505. Yuan Y, Zhuang X T, Jin X. Comparison of Multifractal Characteristics from Different Stock Markets [J]. *Chinese Journal of Management*, 2009, 6(4): 502-505. (in Chinese)
- [13] Wei Y, Huang D S. Multifractal Analysis of SSEC in Chinese Stock Market: A Different Empirical Result from Heng Seng Index [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2005, 355(2-4): 497-508.
- [14] Zunino L, Figliola A, Tabak B M, Pérez D G, Garavaglia M, Rosso O A. Multifractal Structure in Latin-American Market Indices [J]. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2009, 41(5): 2331-2340.
- [15] 黄超, 吴清烈, 武忠, 朱扬勇. 基于方差波动多重分形特征的金融时间序列聚类 [J]. *系统工程*, 2006, 24(6): 100-103.

- Huang C, Wu Q L, Wu Z, Zhu Y Y. Clustering Financial Time Series Based on Multi-fractal Features of Variance Volatility [J]. *Systems Engineering*, 2006, 24(6):100-103. (in Chinese)
- [16] 孙霞, 吴自勤, 黄均. 分形原理及应用[M]. 北京: 中国科学技术大学出版社, 2003.
Sun X, Wu Z Q, Huang J. Principle and Application of Fractal [M]. Beijing: University of Science and Technology of China Press, 2003. (in Chinese)
- [17] Keogh E, Kasetty S. On the Need for Time Series Data Mining Benchmarks: A Survey and Empirical Demonstration [J]. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2003, 7(4):349-371.
- [18] Liao T W. Clustering of Time Series Data—A Survey [J]. *Pattern Recognition*, 2005, 38(11):1857-1874.
- [19] 劳兰君, 邵玉敏. 中国股票市场行业收益率序列动态聚类分析 [J]. *财经研究*, 2004, 30(11):75-82.
Lao L J, Shao Y M. Dynamic Clustering Analysis of Return Series of Industrial Indexes in Chinese Stock Market [J]. *Journal of Finance and Economics*, 2004, 30(11):75-82. (in Chinese)
- [20] Pattarin F, Paterlini S, Minerva T. Clustering Financial Time Series: An Application to Mutual Funds Style Analysis [J]. *Computational Statistics & Data Analysis*, 2004, 47(2):353-372.
- [21] Dose C, Cincotti S. Clustering of Financial Time Series with Application to Index and Enhanced Index Tracking Portfolio [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2005, 355(1):145-151.

Volatility Comparative Study of Main Indices of Global Stock Market Based on Multi-fractal Clustering

HUANG Chao¹, GONG Hui-qun², ZHONG Wei-jun¹

1 School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 210096, China

2 School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

Abstract: According to the probability function reflecting the multi-fractal characteristics of index volatility, the Euclidean distance function and degraded Manhattan distance function were applied as similarity measure functions of generalized fractal dimension and two special parameters of multifractal spectrum. Then the characteristics of volatility of 24 major indices of global stock market during the Asian financial crisis and the global financial crisis were compared through the similarity of multi-fractal characteristic quantities by using hierarchical clustering method. Compared with the Asian financial crisis, the volatilities of global stock market indices during global financial crisis show significant changes. On the whole, the consistency of the indices volatility significantly reduces and many indices show unique volatility characteristics, in which the performance of China's securities market is the most obvious. Meanwhile, from the view of uniformity, most of the indices volatility are more uneven and present the characteristics of differentiation. From the view of range, most of the indices fluctuate surround relatively higher price and present the phenomenon of convergence to a certain degree. The clustering results lead to a better understanding of the complicated structure and mechanism of the global stock market.

Keywords: stock market; multi-fractal; volatility; clustering

Received Date: February 1st, 2010 **Accepted Date:** May 31st, 2010

Funded Project: Supported by the China Postdoctoral Science Foundation (20080441009)

Biography: Dr. HUANG Chao, a Hunan Hengyang native (1977 -), Graduated from Fudan University and is an associate professor in the School of Economics and Management at Southeast University. His research interests include financial time series analysis and financial engineering, etc.

E-mail: huangchao@seu.edu.cn

□