

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 17720081151268

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

沪深股市时变 Hurst 指数和多重分形特征分析

Study on Time Varying Hurst Index and Multifractal

Features of Shanghai and Shenzhen Stock Markets

吴建琴

指导教师姓名: 孟 力 教 授

专 业 名 称: 技术经济及管理

论文提交日期: 2011 年 6 月

论文答辩时间: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 04 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘 要

随着人们对股市研究的深入,时变赫斯特指数及其与股指走势的关系、多重分形特征及其与股指波动的关系成为股市分形研究的热点。分形是非线性理论中非常重要的一种分析方法,它能有效解释自然中极其复杂的现象,因此日渐成为资本市场理论中强有力的分析工具,本文正是利用分形理论对股市的单分形和多重分形进行深入研究。

在总结研究综述的基础上,本文首先利用滚动窗口的消除波动趋势分析(DFA, Detrended Fluctuations Analysis)方法分析了上证指数和深圳成指的全局赫斯特指数、不同时间段和不同时间标度的分形特征以及时变 Hurst 指数,并提出基于时变 Hurst 指数的投资策略。之后本文又利用多重分形理论研究沪市的局部结构,比较不同波动幅度下的多重分形谱形态,利用 Copula 函数定量分析多重分形参数与波动的相关性,并构建不同的股指波动预测模型。

上述研究表明沪深股市存在长记忆性特征,随着时间标度的增大,或时间范围的增长,持续性更加明显。时变 Hurst 指数的走势与股市大幅反转有一定的联系,当时变赫斯特指数连续 5 天低于 0.45,且当天的股指低于 234 天前的价格时,空头应该在当天买入,反之,多头应该卖出。根据时变赫斯特指数变化规律判断的买入和卖出信号重复出现时值得投资者参考,据此投资获得的收益率较高。沪深股市同时出现或连续出现同种交易信号,股指反转的可能性较强。多重分形的研究表明上证指数存在多重分形特征,且股指波动幅度越大,多重分形特征越强。当股指处于高价的概率大于处于低价的概率,多重分形谱表现为左钩状,反之表现为右钩状。正态 Copula 函数较好的反映了多重分形谱参数 $\Delta\alpha$ 与股指波动较强的正相关性。正态 Copula 函数说明多重分形谱的宽度 $\Delta\alpha$ 在大幅波动情况下与股指波动的相关性没有多大影响。另外,波动率越大,多重分形参数 Δf 偏离 0 越远。最后,研究发现引入多重分形谱参数的股指波动预测模型(二元回归和神经网络)的预测效果优于未引入多重分形谱参数的模型 ARMA(4,1)。

关键词: 时变 Hurst 指数; 多重分形; Copula

Abstract

With the further research of fractal, time varying Hurst as well as its relation with the trend of the stock and multifractal which is related with volatility is more and more popular in the field of stock fractal. As one of the important unlinear theoris, fractal can explain many complicated phenomenon and has become a strong analysis tool in capital market theory. So this thesis is going to make a research on the single fractal and multifractal characteristic of stock market with fractal theory as follows.

Based on the research review, this thesis firstly estimates the global Hurst index for different time period, different time scale and time varying Hurst index of Shanghai Composite Index(SSEC) and Shenzhen Component Index(SZEC) with DFA to bring out the local Hurst investment strategy based on time varing Hurst. And then this thesis makes a research on the multifractal characteristic with multifractal theory and compares the multifractal spectrum for different volatility. After investigating the quantitative correlation between multifractal features and volatility based on copula function we build volatility predicting model. Finally we point out the inadequacies for this thesis and the subjects which are worthy of further study.

The research above reflects that SSEC and SZEC both have long range correlation characteristic. As the time scale increases, or the time period expands, the stock market shows more obvious sustainability. The value of Hurst exponent is varing during different time periods and has a correlation with the reversing trend of the stock. When the local Hurst index is less than 0.45 for 5 concecutive days and the index that day is lower than that 234 days ago, the short investors should buy the stock that day, otherwise the long investors should sell the stocks. The strategy is worthwhile to consider for investors when the buying or selling signal of the same kind appears more than twice because it is more probable to obtain relatively high yields at that time. If there are simultaneously or consecutive trading signals based on Hurst index for SSEC and SZEC, it is more possibile for the stock to reverse. Research on multifractal reflects that SSEC shows multifractal characteristics and the

stock shows more stronger multifractal characteristic when it fluctuates more substantially. When the index is more probable to go up, the multifractal spectrum reflects a left hook ,otherwise the multifractal spectrum reflects a right hook. The normal Copula function is the best to reflect the positive relation between multifractal spectrum parameter $\Delta\alpha$ and the price volatility. Normal Copula function reflects that the relation between them will not become much stronger when the multifractal parameter $\Delta\alpha$ and price volatility get smaller or larger value. Multifractal parameter Δf has a certain relationship with the volatility, the bigger the volatility, the further Δf away from 0; Finally, we find that the volatility predicting models like two-variable regression and neural network related with the multifractal parameters are more predictive than the model such as ARMA(4,1) unconsidersing multifractal parameters.

Keywords: Time Varying Hurst Index; Multifractal; Copula

目 录

第一章 引言	1
1.1 研究背景和意义	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 国内外单分形的研究现状.....	3
1.2.2 国内外多重分形的研究现状.....	5
1.2.3 研究综述总结.....	7
1.3 本文结构及研究内容	8
1.3.1 论文的组织结构.....	8
1.3.2 论文的研究内容.....	8
第二章 分形相关理论综述	10
2.1 分形与分形市场理论综述	10
2.1.1 分形的提出与定义.....	10
2.1.2 分形特征.....	11
2.1.3 分形市场理论综述.....	14
2.2 多重分形理论综述	16
2.2.1 多重分形的产生及定义.....	16
2.2.2 多重分形过程及其局部尺度特征.....	17
2.2.3 多重分形谱的计算方法.....	18
第三章 基于时变 Hurst 指数的分形特征分析及投资应用.....	23
3.1 DFA 分析原理评述	23
3.2 实验数据收集和处理	25
3.3 上证指数和深圳成指实证分析	25
3.3.1 长记忆性分析.....	25
3.3.2 不同时间标度的 Hurst 指数分析.....	27

3.3.3 不同时间段的 Hurst 指数分析.....	27
3.3.4 时变的赫斯特指数分析.....	29
3.3.5 利用时变 Hurst 指数判断交易信号.....	31
3.4 本章小结	36
第四章 基于 Copula 的股市多重分形与波动相关性研究及预测	38
4.1 Copula 函数评述及建模	38
4.1.1 Copula 函数评述	38
4.1.2 Copula 函数建模	39
4.2 样本数据的选取与处理	43
4.3 实证分析	43
4.3.1 沪市多重分形特征分析.....	43
4.3.2 多重分形谱形态与股指价位的关系.....	45
4.3.3 基于 Copula 函数的多重分形谱参数 $\Delta\alpha$ 与波动率的关系	47
4.3.4 多重分形谱参数 Δf 与股指波动率的相关性.....	50
4.3.5 基于多重分形谱参数的股指波动率预测.....	50
4.4 本章小结	52
第五章 结论与展望	54
5.1 主要结论	54
5.2 本文不足及尚待研究的问题	55
参考文献	57
附 录.....	62
致 谢.....	69
攻读硕士学位期间撰写的学术论文和参与的研究课题.....	70

Contents

Chapter 1 Preface	1
1.1 Background and Significance	1
1.1.1 Background	1
1.1.2 Significance.....	2
1.2 Overview of Literature	3
1.2.1 Study of Single Fractal Overseas and Domestic.....	3
1.2.2 Study of Multifractal Overseas and Domestic	4
1.2.3 Conclusion of Literature	7
1.3 Structure and Contents.....	7
1.3.1 Structure.....	7
1.3.2 Contents	8
Chapter 2 Summary of Fractal Theory	10
2.1 Fractal and Fractal Market Theory Summary	10
2.1.1 Proposition and Definition of Fractal	10
2.1.2 Fractal Features	11
2.1.3 Fractal Market Theory Summary	14
2.2 Multifractal Theory Summary	16
2.2.1 Proposition and Definition of Multifractal	16
2.2.2 Multifractal Process and Local Scale Features	17
2.2.3 Programming Method of Estimating Multifractal Spectrum	18
Chapter 3 Fractal Feature and Application Based on Hurst Index .	23
3.1 Illustration of DFA Theory.....	23
3.2 Data Collection and Proceesion	25
3.3 Emprical Analysis of SSEC and SZEC	25
3.3.1 Long Memory Analysis.....	25
3.3.2 Research on Hurst Based on Different Time Scale.....	27

3.3.3 Research on Hurst During Different Time Period	27
3.3.4 Analysis of Time Varing Hurst.....	29
3.3.5 Recognizing Exchange Signal with Time Varing Hurst.....	31
3.4 Conclusion	36
Chapter 4 Relation and Predict on MF and Volatility with Copula. 38	
4.1 Summary of Copula Function and Model Buliding.....	38
4.1.1 Summary of Copula Function	38
4.1.2 Copula Model Buliding.....	39
4.2 Data Collection and ProceSSION	43
4.3 Emprical Analysis	43
4.3.1 Investigation into Multifractal Features Based on SSEC	43
4.3.2 Relation between Multifractal Spectrum and Close Index	45
4.3.3 Relation between $\Delta\alpha$ and Volatility with Copula.....	47
4.3.4 Relation between Multifractal Parameter Δf and Volatility	50
4.3.5 Predicting Volatility Based on Multifractal Parameters.....	50
4.4 Conclusion	52
Chapter 5 Conclusion and Expectation	54
5.1 Conclusion	54
5.2 Limitation and Expectation	55
Reference	57
Appendix.....	62
Acknowledge.....	69
Papers and Projects During the Study.....	70

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 引言

1.1 研究背景和意义

1.1.1 研究背景

随着中国市场经济的迅速发展,对投融资渠道的需求也更加强烈,股票市场作为当今重要的投融资渠道,在优化配置、产权流动等方面发挥的作用日益明显,因此,资本市场的价格形态与走势,引起了众多学者的关注。

国内外学者对资本市场价格走势的研究由来已久。首先, Louis Bachelier 认为商品价格服从随机游走 (Random Walk) 独立同分布的过程,无法预测其未来走势。1970 年 E.Fama 提出有效市场假说 (EMH),证明了资本市场并非随机游走序列,仅当所有相关的信息都在资本市场得到准确和及时的反馈时,资本市场才有效,此时人们无法预知股票未来的价格动态;反之,所有的信息未得到及时的反馈时,资本市场无效。随着研究的深入,日渐出现许多以 EMH 为代表的主流资本市场理论所不能解释的异象,如“黑色星期一”、尖峰后尾、周末效应、小公司效应、超额收益波动的相关性和长记忆性等问题引起了整个学术界对有效市场理论以及以此为基础的其他资本市场理论的正确性产生了质疑。因此,人们有必要探究一种新的理论来分析股市的复杂非线性特征。

目前,国内外有大量的实证研究表明金融市场并不是有效的,股票价格并不是随机变化的,而是存在相关性,具有增强趋势的持久性或减弱趋势的反持续性,这正是分形市场的体现。1991 年, Peters 提出了分形市场假说 (FMH, Fractal Market Hypothesis), 它打破了有效市场理论中独立、线性、正态分布等完美假设,对实际金融市场的特性研究更为广泛和深入。长记忆性是分形的典型特征,股票收益率的长记忆性在分形市场提出之后引起了众多学者和投资机构的关注,因此我们应用单分形理论来研究中国的股票市场是否存在长记忆性,不同时间标度和不同时间范围下的分形特征是否相同,以及股票大跌前股指的分形特性有何变化等问题。

随着对金融市场分形特征研究的进一步加深,人们发现分形的结构是非均匀的,一个分形维数只能描述整体波动的宏观情况,无法细致地刻画市场的局部特征,因此必须用多重分形理论来对金融市场的局部特征进行更为细致的研究。多

重分形理论在复杂系统的研究中表现出了潜在的应用前景，因而受到了国内外学者的广泛关注。因此，我们应用多重分形理论进一步分析中国股票市场的局部分形结构及其与股市波动的关系。

1.1.2 研究意义

1、理论意义

自非线性理论诞生以来，该理论方法在研究金融市场的复杂性特征领域受到了越来越多国内外学者的重视，用分形理论研究资本市场，可大大拓展原有传统金融理论的框架，为非线性理论研究资本市场提供了重要的理论价值。与传统的有效市场理论相比，用分形理论来研究资本市场，更符合资本市场的实际结构特征。

一般认为非线性科学包括分形、混沌和孤子三大重要理论。混沌主要研究动态行为过程，而分形更侧重于研究集合的内部构成。从理论上讲，局部结构与整体结构相似即为“分形”，将分形引入股票市场的研究，可把整个金融市场的研究转入一个具有相同结构特征的子系统，从而通过局部特性的分析来加深对整体市场的认识。在这样非线性分析思想的指导下，我们视资本市场是一个多种因素相互作用的、存在大量非线性关系的复杂系统，是整体有序性与局部随机性的结合体。分形资本市场理论改变了人们对市场特性的认识，研究长记忆性对于理解这些复杂的变化如何影响股票价格的走势是至关重要的。

然而，长记忆性的单一分形仅仅是对金融市场整体面貌的描述，不同时间段和不同时间标度下的分形特征是否一致，要解决这些问题便出现了多重分形理论。多重分形的出现为进一步细致的刻画金融市场的局部特征提供了重要的方法手段，多重分形有利地推动了非线性理论在金融领域的应用，也为更好的解释金融市场的各种异象提供了理论依据。

2、实际意义

用分形理论来分析中国的资本市场能有效揭示资本市场的本质，对于客观认识我国证券市场的发展状况和运行机制有一定的帮助，是政府和投资者在决策过程中重要的方法手段，也是金融机构设计金融衍生产品、构建最优资产组合的分析工具。在实践中，政策制定者可以根据股市的分形特征来预测整个股市的长期发展前景，分析人们的心理行为模式，从而通过法律政策等宏观调控的手段控制

股票市场的风险。投资者可以利用各种股票价格走势的分形参数指标来判别股票的稳定性、风险性和趋势，从而作出合理的投资决策。金融机构可以根据分形特征反映的风险来设计相应的金融产品进行风险对冲，或建立最优资产组合或最小风险组合等投资模式达到最优投资管理。总体来说，分形理论的应用将促进金融风险管理和金融投资理论的创新与发展，有助于监控、预警、防范和管理重大金融风险事件或金融危机，从而使我国金融市场更为规范化，更加稳定有序，走上一条可持续发展的道路。

1.2 国内外研究现状

对股市收益率和波动率的分析主要分为单分形分析和多重分形分析，分别刻画股票市场的整体面貌和局部特征。单分形分析主要通过参数指标分析时间序列的长记忆性，包括持续性和反持续性。长记忆性表示股指的历史价格和收益率的变化会影响其未来价格和收益率的变化，通过长记忆性的分析可以判断股指未来的走势特别是大幅波动的征兆。但单分形分析仅限于描述股市整体的走向和趋势，多重分形则通过具体的参数，如多重分形谱、标度指数、Holder 指数等指标更为深刻的分析股市的局部分形特征。

1.2.1 国内外单分形的研究现状

单分形是国内外学者早期研究分形特征的结果，彼得斯（1999）首次将分形理论应用于金融市场，提出分形市场假说，并采用重标极差分析方法（R/S, Rescale Range Analysis）研究资本市场发现资产价格遵循分形布朗运动^[1]。之后，大量的学者开始用分形理论研究股票市场的结构特征。研究的方法日益多样化，除了 R/S 分析，消除趋势波动分析（DFA, Detrended Fractal Analysis）、消除移动平均（DMA, Detrended Moving Average）等其他方法在资本市场的研究中也得到了广泛的应用。Ausloos（2000）利用 DFA 方法证实了股票市场和外汇市场的走势呈现分形特征^[2]。随着研究的深入，时变赫斯特指数（Time Varing Hurst Exponent）受到越来越多学者的关注。Grech（2004）利用 DFA 方法研究道琼斯工业指数（DJIA）时发现股市大跌前，长记性参数在股指大幅下跌前具有明显的下跌趋势^[3]，而且这一规律同样适用于波兰证券交易所指数（WIG）^[4]。Cajueiro 和 Tabak（2005）检测了新兴市场股指波动率存在长记忆性，并进一步用滚动窗口的方法检验了 Hurst 指数是时变的^[5]。Amir Bashan（2008）在探测时间序列长相关性时

比较了 DFA、MDFA (Modified Detrended Fluctuation Analysis) 和集中移动平均 (CMA, Concentred Moving Average) 三种技术方法的优劣性, 当时间序列中的趋势不明确时, DFA 方法相对其他两种方法有较强的优越性^[6]。Alvarez-Ramirez (2009) 等采用 DFA 对澳大利亚电力市场的价格和需求量的相关性进行分析, 发现 Hurst 指数随着时间发生变化, 而且价格和需求量的相关性波动具有季节性的循环特征^[7]。

国外在资本市场行为理论的研究已经取得了很多先进的研究成果, 国内对股票市场的单分形特征也进行了大量的研究, 研究分形特征的方法呈现多样化。樊智 (2001) 等发现上证指数日收益率具有分形特征, 采用的两种模型中 ARFIMA-GARCH (ARFIMA-GARCH: Autoregressive Fractional Integrated Moving Average-Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity) 模型优于 ARFIMA^[8]。伍海华 (2001) 利用动力学分析了沪市的分形特征, 通过求出最大 Lyapunov 指数来验证其分形特征的存在^[9]。胡雪明 (2003) 等利用 DFA 方法研究沪深股指走势, 发现时间跨度不同, 长记忆性也不同, 在中短期显示长程相关性, 长期则表现反持续性行为^[10]。史永东 (2006) 用 R/S 分析方法和自回归分数整合移动平均模型 (ARFIMA, Autoregressive Fractional Integrated Moving Average) 对上证指数的周数据进行研究, 发现上证指数存在长期记忆性特征^[11]。曹广喜等 (2007) 利用 DFA 方法研究沪深股市的波动特征, 研究发现沪深股市的小幅波动具有长程幂律相关性, 而大幅波动具有反持续性特征^[12]。胡巍 (2008) 利用 DFA 分析方法研究了沪港股市, 沪市表现有持续性的长程幂律相关, 而港市由持续性行为逐渐转变为反持续性行为^[13]。苑莹和庄新田 (2008) 分别用经典 R/S 分析、修正 R/S 分析、DFA 方法等统计方法研究沪深指数发现二者均具有长记忆性^[14]。赵巍等 (2010) 利用修正高阶 DFA 法研究中国股市, 发现股市同样表现长程幂律相关的特性^[15]。国内也研究了赫斯特指数随时间变化的特性, 并对股市的下跌有一定的预测性。曹力 (2008) 利用 R/S 分析方法研究上证指数得出局部赫斯特指数连续下降是股市即将反转的信号^[16]。Jin (2009) 利用 DFA 研究上证指数 (SSEC) 和深圳成分指数 (SZEC), 发现股市大跌前局部赫斯特指数明显下降^[17]。曹源 (2010) 通过 R/S 分析方法研究发现局部赫斯特指数连续小于平均赫斯特指数 $E(H)$ 时股指即将反转^[18]。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库