

基于小波分析方法的股指期货和 现货市场关系研究

甄伟强, 姚 俭

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 基于小波分析方法, 利用 5 min 高频数据研究了沪深 300 指数和沪深 300 股指期货的关系. 通过小波分解方法将两市场收益率序列作信号分解, 研究发现, 在各尺度下股指期货市场的波动性都大于股票市场的波动性, 同时随着尺度的增加, 两市场的小波相关系数增加, 即联动性增加. 各尺度的格兰杰因果检验表明, 期货市场与股票市场之间存在波动溢出效应, 但溢出效应是单向的, 即只存在期货市场向股票市场的溢出效应.

关键词: 沪深 300 指数; 小波分析; 波动溢出效应; 联动性

中图分类号: F 830

文献标志码: A

Relationship Between Stock Index Future and Spot Market Based on Wavelet Analysis

ZHEN Wei-qiang, YAO Jian

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Based on wavelet analysis, the relationship between the CSI 300 index and the stock index future was investigated by using 5 minutes high frequency data. Through decomposing the return rate series of the two markets, it is found that the volatility of the stock index future market is greater than the volatility of the stock market in all the scales, and with the increase of the scale, the wavelet correlation coefficient of the two markets increases, that means, they change with a linkage character. The Granger causality test shows that there is volatility spillover effect between the two markets, but the spillover effect goes in one direction only, that is, there only exists future market to stock market spillover effect.

Key words: CSI 300; wavelet analysis; volatility spillover effect; linkage

2010 年 4 月 16 日, 中国金融期货交易所正式推出了沪深 300 指数股指期货合约, 这是我国深化

资本市场的重大制度性改革, 改变了我国股票市场单边市的现状. 开展股指期货交易对我国证券市场

收稿日期: 2013-01-09

第一作者: 甄伟强(1990-), 男, 硕士研究生. 研究方向: 数量经济学. E-mail: zhenwqhs@163.com

通讯作者: 姚 俭(1960-), 男, 教授. 研究方向: 智能控制、系统工程、数量经济学. E-mail: yaojian@usst.edu.cn

的影响是多元的,其中,最值得关注的是股指期货和现货市场之间的相互影响关系,尤其是股指期货和现货市场之间的波动溢出效应和联动关系,以及两市场的联动周期.股指期货和现货市场之间的波动溢出效应是指两个市场之间信息的波动传递,一个市场受到的冲击会溢出到另一个市场,这会对价格及其波动性同时产生影响^[1].我国推出股指期货时间不长,研究股指期货和现货市场之间的波动溢出效应和联动性具有重大的意义,它直接关系到我国证券市场的有效性及其发展前途.

由于我国的资本市场是强噪声市场,运用传统的条件异方差模型等分析方法容易使某些信息被噪声覆盖,这就使得研究结果有较大的局限性和非稳健性,而且传统的分析方法只能分析固定周期下股指期货和现货市场的联动性和波动溢出效应,这也使得传统的分析方法在分析各个周期下两市场关系时有很大的局限性.本文采用 5 min 高频数据作为样本,运用小波分析方法可以将证券市场数据中的偶然因素造成的涨跌消除,具有突出主要因素的特点.同时运用小波分析方法可以将信号作多层分解,并分别在不同周期下研究两市场的联动性和波动溢出效应,克服了传统研究方法的局限性.

1 文献综述

国内外对于股指期货与现货市场联动性和波动溢出的研究大都采用条件异方差模型,而且研究结果也不尽相同.Chan 等^[2]采用双变量 GARCH 模型对标准普尔 500 指数期货市场 5 min 数据进行研究,发现期货市场和现货市场存在双向的波动溢出效应.Tse^[3]运用双变量 EGARCH 模型对道琼斯工业平均指数期货的 1 min 数据进行研究,发现存在显著的双向波动溢出效应,且股指期货对现货市场的波动溢出更强.Drimbetas 等^[4]采用 EGARCH 模型研究了希腊期货指数交易对现货市场的影响,其结果表明,衍生交易显著降低了现货市场的波动.Kavussanos 等^[5]利用 VECM-GARCH-X 模型,以日收盘价检验了希腊 FTSE/ATHEX-20 股票指数和 FTSE/ATHEX MID-40 期货指数之间的波动性关系,发现存在期货市场到现货市场的波动溢出关系,但并不存在现货市场对期货市场的反向溢出关系.Bohl 等^[6]用动态条件相关双变量 GARCH 模型研究了波兰股指期货市场的波动溢出和滞后关系,指出后期由于机构投资的影响增大,期货市场对现货市

场的信息传递明显增强.

由于沪深 300 股指期货推出时间较短,它和股市的波动溢出的实证研究还不多.邢天才等^[7]研究沪深 300 指数和仿真期货交易之间的联动效应,指出股指期货对现货市场的波动性影响不大.刘庆富等^[8]采用双变量 GARCH 模型对沪深 300 股指期货和沪深 300 指数日间交易信息和隔夜信息进行了实证分析,结果表明,股指期货与现货市场之间的风险是双向传导的,且现货市场对期货市场的风险溢出要更加明显.文风华等^[9]利用 VECM-GARCH-BEKK 模型对 2010 年 4 月 16 日到 2010 年 6 月 30 日的 5 min 高频数据进行了实证分析,得到两市场之间存在双向的溢出波动效应.戴佳青等^[10]对 2011 年 2 月 9 日到 2011 年 4 月 18 日的 1 min 高频数据对两市场的溢出波动效应进行了研究,发现两市场存在双向的波动溢出效应,且现货市场波动溢出明显.

2 小波分析方法

小波分析是以泛函分析和傅里叶变换为基础发展而来的一门综合性技术,它已在众多学科领域得到成功应用,并表现出显著的优越性.

2.1 离散小波变换理论

小波是一种紧支撑、振荡的波形.小波变换直观地说是通过迭代使用父小波和母小波将时频内的原函数 $f(x)$ 映射到时-频域内的一种表达方式^[11].父小波积分为 1,它重构信号的平滑和低频部分;母小波积分为 0,它描述信号的细节和高频部分.函数 $f(x)$ 可以是连续的,也可以是离散的,但观测到的时间序列都有一定的间隔,出于计算和分析的方便,在时间序列分析中通常采用离散二进小波变换.

小波滤波器有许多种,包括 Haar, Symmlets, Coiflets, Daubelets 等不同种类,它们因传递函数和滤波器长度的不同而不同.Daubelets 在 1992 年构造了长度不同的紧支撑小波滤波器,由于非对称小波滤波器能准确定位时间序列和不同尺度下小波系数的对应位置,所以,非对称小波滤波器在分析时间序列时非常有用.一个 Daubelets 紧支撑小波的所有滤波器系数组表示为 $\{h_l\}_{l=0}^L$ 和 $\{g_l\}_{l=0}^L$,其中, L 是滤波器的偶整数宽度.小波滤波器系数 h_l 和尺度滤波器系数 g_l 分别代表高通和低通滤波器,且它们分别与母小波滤波器和父小波滤波器对应. h_l 和 g_l 是一组正交镜像滤波器,即 $h_l = (-1)^l g_{L-l-1}$, $l = 0, 1, \dots, L-1$.同时小波滤波器必须满足 3 个条件:

- a. 具有零均值, $\sum_{l=0}^{L-1} h_l = 0$;
- b. 拥有单位能量, $\sum_{l=0}^{L-1} h_l^2 = 1$;
- c. 偶数平移相互正交, $\sum_{l=0}^{L-1} h_l h_{l+2k} = 0$.

小波系数和尺度系数可以通过塔式算法算出,塔式算法相当于重复使用一组高通和低通滤波器,对时间序列信号进行逐步分解,高通滤波器产生信号的高频细节分量,低通滤波器产生信号的低频逼近分量.小波系数 $w_{j,t}$ 和尺度系数 $v_{j,t}$ 为

$$w_{j,t} = \sum_{l=0}^{L-1} h_{j,l} X_{t-l}$$

$$v_{j,t} = \sum_{l=0}^{L-1} g_{j,l} X_{t-l}$$

式中, $h_{j,l}, g_{j,l}$ 为 j 尺度下的小波滤波器和尺度滤波器; X 表示一个随机过程; j, k, t 为正整数.

由于通过 2^j 的欠采样, j 尺度下有 $N/2^j$ 个小波系数和尺度系数. $j-1$ 尺度下的尺度系数输入到 j 尺度下的小波滤波器和尺度滤波器后,输出的是 j 尺度的小波系数和尺度系数(除了单位尺度,即 $j=1$).

2.2 小波方差、协方差与互相关性

小波变换除了可以利用多分辨率分析时间序列,另一个重要的功能是将时间序列的方差分解到各个不同的尺度.对于一个给定方差为 σ_x^2 的随机过程 X , j 尺度下的小波方差被定义为 $\sigma_{x,j}^2$.

$$\sum_{j=0}^{\infty} \sigma_{x,j}^2 = \sigma_x^2$$

$\sigma_{x,j}^2$ 表示 j 尺度下时间序列的波动对于整个时间序列波动的贡献,这种关系说明小波方差提供了一种可以将时间序列方差精确地分解到不同尺度下的组合. j 尺度下的小波方差 $\sigma_{x,j}^2$ 可以根据 j 尺度下的小波系数求出.

$$\sigma_{x,j}^2 = \text{var} \{ \tilde{w}_{j,t} \}$$

同样可以定义两个随机过程 $\{X\}$ 和 $\{Y\}$ 在 j 尺度下的协方差 $\tilde{r}_{xy}$, 它可以通过 j 尺度下的小波系数计算, $\tilde{r}_{xy} = \text{cov}(\tilde{w}_{j,t}^x, \tilde{w}_{j,t}^y)$. 而两个随机过程在 j 尺度下的互相关系数可以通过协方差 $\tilde{r}_{xy,j}$ 和小波方差的平方根 $\tilde{\sigma}_{x,j}$ 和 $\tilde{\sigma}_{y,j}$ 给出.

$$\tilde{\rho}_{xy,j} = \frac{\tilde{r}_{xy,j}}{\tilde{\sigma}_{x,j} \tilde{\sigma}_{y,j}}$$

互相关系数 $\tilde{\rho}_{xy,j}$ 和概率论中的相关系数含义一样,也是介于 0~1 之间,它用于度量在对应尺度

j 下两个随机过程的相关性,这样股指期货和现货市场在不同周期下的联动性关系可以通过小波相关系数求出.

3 实证分析

3.1 数据的选择

选取沪深 300 指数及股指期货 5 min 高频数据作为研究对象.由于 5 min 高频数据的样本量巨大,因此,本文选取的区间为 2010 年 4 月 19 日到 2012 年 12 月 19 日.股指期货选取的是当月连续合约.由于沪深 300 股指期货在上午 9:15—11:30 及下午 13:00—15:15 期间交易,而 A 股市场的交易时间为上午 9:30—11:30 及下午 13:00—15:00,所以,只选取上午 9:30—11:30 及下午 13:00—15:00 期间的交易价格,从而使期货价格和沪深 300 指数交易价格时间匹配,共得到 8 192 个数据.本文所有数据来源于国泰君安 CSMAR 高频数据库.

为了获取沪深 300 指数和股指期货指数的收益率,对上面选取的样本的 5 min 收盘价作对数价格的一阶差分,同时为了便于小波分析,将对数的收益率放大 100 倍,最后的指数对数收益率为 R ,其具体形式为

$$R_{s,t} = 100 \ln(p_{s,t}/p_{s,t-1})$$

$$R_{f,t} = 100 \ln(p_{f,t}/p_{f,t-1})$$

式中, $p_{s,t}$ 为沪深 300 指数 t 时的收盘价; $R_{s,t}$ 为沪深 300 指数 t 时的对数收益率; $p_{f,t}$ 为沪深 300 股指期货指数 t 时的收盘价; $R_{f,t}$ 为沪深 300 股指期货指数 t 时的对数收益率.

3.2 小波方差与小波相关系数分析

为了研究沪深 300 指数和股指期货指数收益率在不同尺度下的波动溢出效应和相互关联性,以及各尺度下风险大小和波动程度,采用小波分析方法.选取 Daubelets 非对称小波滤波器,长度选取为 8,分解为 5 层.尺度 1,2,3,4,5 对应的周期分别为 20,40,80,160,320 min.

对沪深 300 指数和股指期货收益率序列用 Matlab 小波工具箱进行小波变换.小波分解图如图 1 和图 2 所示(见下页).

利用小波工具箱可以计算得到不同尺度指数收益率的小波方差(各小波方差都已乘以 100),结果如表 1 所示(见下页).

从表 1 可以看出:a. 在各个尺度下,股指期货对数收益率的小波方差都大于沪深 300 指数对数收

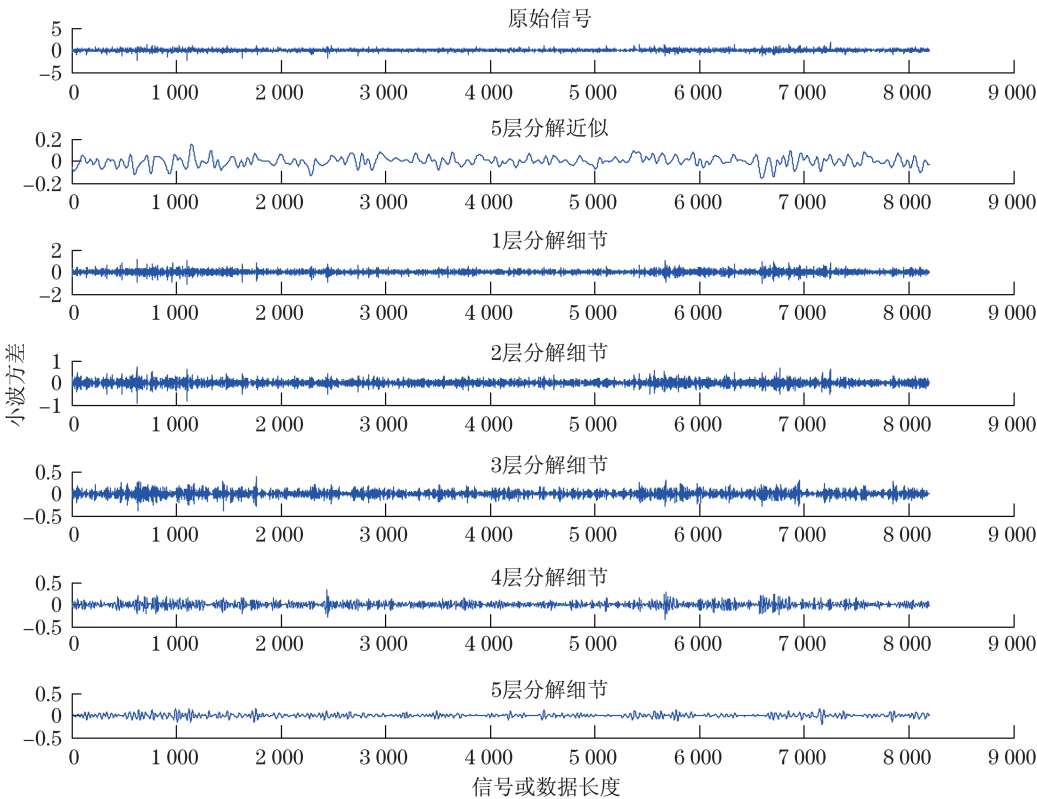


图 1 沪深 300 指数对数收益率序列的小波分解图

Fig.1 Wavelet decomposition diagram of CSI 300 logarithmic yield series

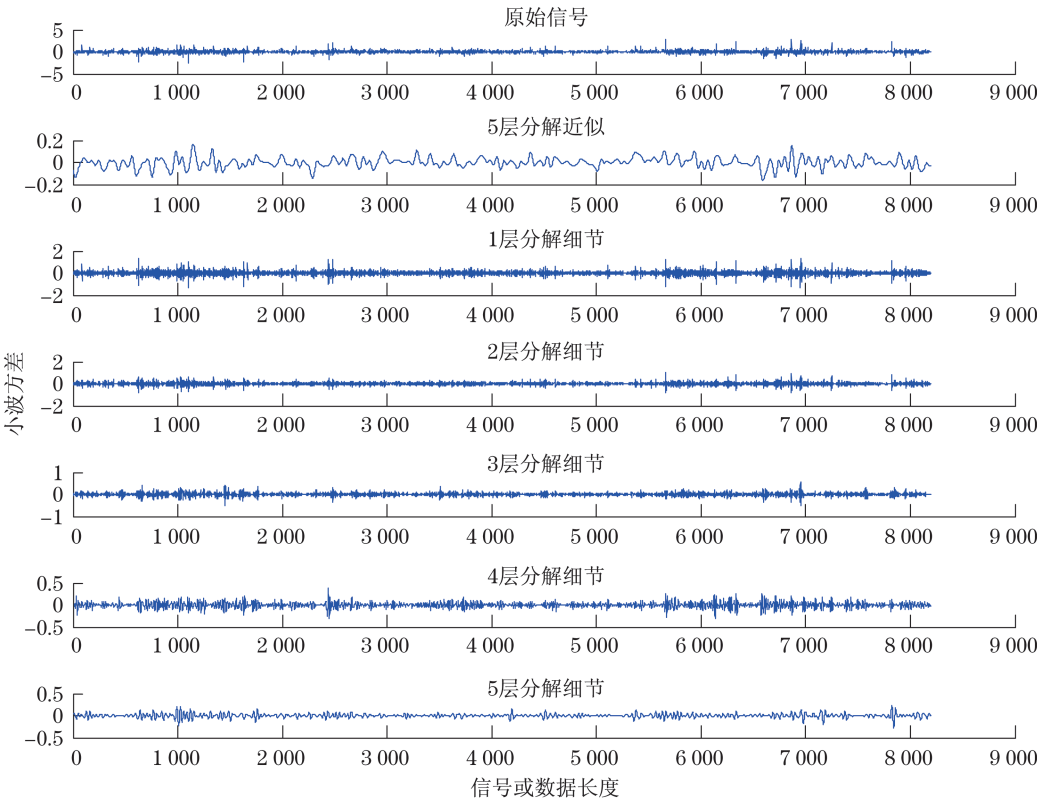


图 2 沪深 300 股指期货指数对数收益率序列的小波分解图

Fig.2 Wavelet decomposition diagram of CSI 300 stock index future logarithmic yield series

表 1 各尺度下沪深 300 指数收益率与股指期货指数收益率的小波方差

Tab.1 Wavelet variance of CSI 300 index return and stock index future return at different scales

指 数	尺度 1	尺度 2	尺度 3	尺度 4	尺度 5
沪深 300 指数 对数收益率 小波方差	5.207 7	5.213 7	3.736 3	5.477 5	4.993 0
股指期货指数 对数收益率 小波方差	5.957 0	5.860 7	4.115 3	5.728 9	5.839 9

益率的小波方差,这说明在各个尺度下股指期货的波动都要大于沪深 300 指数的波动,即在各个周期下投资于股指期货的风险要大于投资股市的风险.

b. 股指期货指数对数收益率的小波方差和沪深 300 指数对数收益率的小波方差除了在尺度 3(即 80 min 周期)波动较小,在其它尺度下小波方差大致相同,这说明在其它各个周期下股指期货和沪深 300 指数的波动大致相同,这说明投资期间低于 320 min 时风险大致相同.

为了研究沪深 300 指数和股指期货指数收益率在不同尺度下的波动联动性,根据小波系数可以计算出各尺度下的小波相关系数,结果如表 2 所示.

表 2 各尺度下沪深 300 指数收益率与股指期货指数收益率的小波相关系数

Tab.2 Wavelet correlation coefficient of CSI 300 index return and stock index future return at different scales

指 数	尺度 1	尺度 2	尺度 3	尺度 4	尺度 5
沪深 300 指数 当月连续	0.503 6	0.746 5	0.831 4	0.878 5	0.912 0

从表 2 可以看出,沪深 300 指数收益率与股指期货指数收益率的小波相关系数随着尺度的增加而增加,并在周期 320 min 下,两者的相关系数达到0.9以上,这说明随着周期的增加,沪深 300 指数收益率与股指期货指数收益率的联动性增加,即两者之间的价格走势具有互相引导功能或者是单向引导功能.

3.3 格兰杰因果检验

上述的小波相关系数分析表明,沪深 300 指数收益率与股指期货指数收益率具有互相引导或者单项引导功能.现用格兰杰因果检验来检验两者在各个尺度下是单向引导还是相互引导,即两市场的波动溢出是单向的还是双向的.对沪深 300 指数收益率与股指期货指数收益率分解后的各层信号进行 ADF(augmented dickey-fuller)平稳性检验,发现 5

个分解后的信号均是平稳性的,因此,可以直接进行格兰杰因果检验以确定两市场的引导关系.检验结果如表 3 所示. D_c 代表沪深 300 指数, D_i 代表当月连续股指期货.表 3 中滞后期的选择以 AIC 与 SC 取值最小为衡量标准. AIC 与 SC 为格兰杰因果检验中确定最优滞后阶数的准则. $D_{c,j}$ 表示沪深 300 指数小波分解后 j 层信号; $D_{i,j}$ 表示股指期货指数小波分解后 j 层信号, $j = 1, 2, \dots, 5$.

表 3 小波分解后各层信号的格兰杰因果检验结果

Tab.3 Granger causality test of each scale after wavelet decomposition

原假设	滞后期	F -统计量	P 值
$D_{c,1}$ 不是 $D_{i,1}$ 的 Granger 原因	2	20.057 60	2.1×10^{-9}
$D_{i,1}$ 不是 $D_{c,1}$ 的 Granger 原因	2	174.093 00	0
$D_{c,2}$ 不是 $D_{i,2}$ 的 Granger 原因	1	36.598 30	1.7×10^{-9}
$D_{i,2}$ 不是 $D_{c,2}$ 的 Granger 原因	1	116.617 00	0
$D_{c,3}$ 不是 $D_{i,3}$ 的 Granger 原因	12	2.161 43	0.011 70
$D_{i,3}$ 不是 $D_{c,3}$ 的 Granger 原因	12	3.175 72	0.000 18
$D_{c,4}$ 不是 $D_{i,4}$ 的 Granger 原因	3	1.386 69	0.245 98
$D_{i,4}$ 不是 $D_{c,4}$ 的 Granger 原因	3	3.567 14	0.014 08
$D_{c,5}$ 不是 $D_{i,5}$ 的 Granger 原因	10	1.028 14	0.420 24
$D_{i,5}$ 不是 $D_{c,5}$ 的 Granger 原因	10	2.283 11	0.014 28

由表 3 可知,在尺度 1,2,3 及 1% 的显著性水平下,股指期货指数是沪深 300 指数的格兰杰原因显著,而沪深 300 指数不是股指期货指数的格兰杰原因.在尺度 4,5 及 5% 的显著性水平下,股指期货指数是沪深 300 指数的格兰杰原因,而沪深 300 指数不是股指期货指数的格兰杰原因.这说明在 20, 40,80 min周期下,股指期货指数走势对沪深 300 指数走势的单向引导很显著;在 160,320 min 周期下,股指期货指数走势对沪深 300 指数走势的单向引导较显著,即在各个周期下期货市场对现货市场都具有单向的波动溢出效应,而在各个周期下现货市场对期货市场都没有波动溢出效应.

4 结 论

基于小波分析的方法对我国沪深 300 指数和沪

深300股指期货的联动性和波动溢出效应进行了实证研究,主要结论如下:

a. 相对于股票市场而言,股指期货市场在各个周期下的波动更加剧烈,也就是投资风险更大.这个结论也符合实际的经济情况,其中主要有两方面原因:(a) 股指期货交易实行保证金交易,具有杠杆效应,它在放大收益的同时也放大了风险^[12].(b) 股指期货交易具有远期性,未来不确定因素较多,引发价格波动的因素既包括股票市场因素,也包括股指期货市场因素.

b. 通过分析各个周期下的小波相关性可以看出,随着周期的增加,股票市场与股指期货市场的波动联动性加剧.这个结论也符合实际的经济规律,在实际经济中由于流动性、交易成本及投资者结构等因素的影响,期货价格和现货价格对新信息的反应速度存在一定的差异,从而导致期货价格和现货价格在短期偏离均衡状态,但由于市场的套利行为,长期期货价格和现货价格将逐渐回归于均衡状态.

c. 股票市场和股指期货市场具有强溢出波动性,但这种溢出波动效应是单向的,即只存在期货市场向股票市场的溢出效应,而不存在股票市场向期货市场的溢出效应,这可能是由于期货市场对现货市场具有价格发现和引导功能,因为期货市场存在多空操作不受限制、高流动性、保证金交易等性质,而且对于投资者而言,在期货市场执行其投资策略的成本相对现货市场要低,期货市场能够比较迅速地反映市场讯息,所以,存在期货市场向现市场的溢出效应.

参考文献:

- [1] 乔高秀,刘强.沪深300股指期货与现货市场价格波动与波动溢出效应——基于十五个月高频数据的实

证研究[J].投资研究,2012,31(8):132-144.

- [2] Chan K,Chart K C,Karolyi G A. Intraday volatility in the stock index and stock index futures markets[J]. Review of Financial Studies,1991,4(4):657-684.
- [3] Tse Y. Price discovery and volatility spillovers in the DJIA index and futures markets[J]. Journal of Futures Markets,1999,19(8):911-930.
- [4] Drimbetas E,Sariannidis N, Porfiris N. The effect of derivatives trading on volatility of the underlying asset: evidence from the greek stock market [J]. Applied Financial Economics,2007,17(2):139-148.
- [5] Kavussanos M G,Visvikis I D,Alexakis P D. The lead-lag relationship between cash and stock index futures in a new market[J]. European Financial Management, 2008,14(5):1007-1025.
- [6] Bohl M T,Salm C A,Schuppli M. Price discovery and investor structure in stock index futures[J]. Journal of Futures Markets,2011,31(3):282-306.
- [7] 邢天才,张阁.中国股指期货对现货市场联动效应的实证研究——基于沪深300仿真指数期货数据的分析[J].财经问题研究,2010(4):48-54.
- [8] 刘庆富,华仁海.中国股指期货与股票现货市场之间的风险传递效应研究[J].统计研究,2011,28(11):84-90.
- [9] 文凤华,刘文井,杨晓光.沪深300指数期货与现货市场的动态关联性研究——基于2010年4月16日以来的高频数据[J].长沙理工大学学报,2011,26(2):28-34.
- [10] 戴佳青,潘和平.沪深300股指与期货的高频动态关系检测[J].管理学家(学术版),2011(7):57-69.
- [11] 孙延奎.小波分析及其应用[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [12] 赵久伟,肖庆宪.股票价格运动的跳跃和杠杆效应研究[J].上海理工大学报,2011,32(5):33-56.

(编辑:石 瑛)