

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2020.0005.012

农产品期货市场的分形统计分析*

——基于芝加哥期货交易所的证据

马 洁

(南京财经大学 应用数学学院,南京 210023)

摘 要:以芝加哥期货交易所的玉米、小麦、大豆和黄豆油 4 种农产品期货价格的收益率序列为研究对象,运用交互相关统计量、MF-DCCA 和连通性频率分析等方法,实证研究美国农产品期货市场价格波动的交互相关关系以及市场风险大小。结果表明:美国农产品期货市场的价格收益序列具有交互相关性,且这种交互相关性存在不同多重分形特征,造成多重分形性的原因是长程相关性和胖尾分布;不同期货品种的投资组合隐含的风险不同,其中玉米/大豆的风险最大,而小麦/黄豆油的风险最小;农产品期货市场连通性较弱,大豆对系统的贡献程度最大,玉米其次。

关键词:农产品期货;收益率序列;交互相关关系;分形统计分析

中图分类号:F224.9,F830.9

文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2020)05-0073-07

0 引 言

金融市场是一个具有分形和混沌结构的非线性动态复杂系统^[1]。农产品期货市场是金融市场举足轻重的一部分,它的价格波动特征、不同市场之间的相互关系及风险传导等是投资者和监管者始终关注的问题,因此本文选择农产品期货作为实证研究对象。

Mandelbrot 最早将分形理论实际应用于经济领域。Larson 和 Bigman 等^[2-3]分别对 1949—1958 年和 1975—1980 年的美国玉米期货进行实证分析,认为其价格变化是随机游走的,并分别得出玉米和包括玉米、大豆在内的谷物期货弱式有效;Booth 等^[4]采用协整检验的方法研究 CBOT 的大豆期货合约,指出了美国芝加哥期货交易所的小麦、大豆等期货价格在国际期货市场价格传导中有着明显的主导

作用;孙毅、秦梦等^[5-6]利用 DCC-MIDAS 和 DCC-GARCH 模型等对中国农产品期货进行研究,得出结论:美农报告对我国农产品期货波动有一定的影响。近几年,越来越多的学者将分形理论应用于期货市场。张川等^[7]运用 A-DFA 和 MF-DFA 方法对我国玉米、强麦和棉花等进行分形分析,结果发现我国农产品价格收益率序列具有多重分形特征;Wang 等^[8]利用 MF-DCCA 和频率连通性的方法,静态与动态关系结合分析对美国能源期货市场进行研究,发现 4 个主要能源期货市场存在多重分形特征,电力期货市场对整个系统的连通性做出了最大的积极贡献。

上述文献主要运用 A-DFA 和 DCCA 等模型对期货市场进行研究,但是针对量化期货市场间连通性的研究并不充分,也没有与分形理论相结合。本文在前人研究的基础上,运用多重分形分析法研究美国 4 种主要农产品价格收益序列的分形特征,同

收稿日期:2019-11-16;修回日期:2020-03-10.

* 基金项目:江苏省研究生科研与实践创新计划项目资助(KYCX19_1362).

作者简介:马洁(1996—),女,江苏淮安人,硕士研究生,从事分形理论与金融应用研究.

时运用交互相关指数和多重分形谱宽度等分形特征统计度量市场风险大小,最后利用方差分解思路量化 4 个期货市场的连通性大小,这是国内第一次将分形理论与连通性相结合。

1 方法描述

1.1 多重分析统计方法描述

Zhou^[9]提出了 MF-DCCA 分析法,算法如下:给定两个序列 $\{x_i\}$ 和 $\{y_i\}$, $i=1,2,\dots,N$ 。

(1) 计算累积离差,得到两个新系列:

$$X_i = \sum_{k=1}^i [x(k) - \bar{x}]$$

$$Y_i = \sum_{k=1}^i [y(k) - \bar{y}]$$

(2) 将新序列分割到 $N_s = \text{int}(N/S)$ 个子区间,长度为 S 。为了充分利用序列的信息,在尾部重复相同过程,得到 $2N_s$ 个子区间。

(3) 计算拟合多项式,消除局部趋势,确定局部协方差函数,当 $v=1,2,\dots,N_s$,有

$$F^2(S,v) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S |X[(v-1)s+i] - x_v(i)| \times |Y[(v-1)s+i] - y_v(i)|$$

当 $v=N_s+1, N_s+2, \dots, 2N_s$,有

$$F^2(S,v) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S |X[N-(v-N_s)s+i] - x_v(i)| \times |Y[N-(v-N_s)s+i] - y_v(i)|$$

(4) 得到 q 阶消除趋势协方差函数:

$$F_{xy}(q,S) = \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [F^2(s,v)]^{\frac{q}{2}} \right\}^{\frac{1}{q}}, q \neq 0$$

$$F_{xy}(q,S) = \exp \left\{ \frac{1}{4N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} \ln [F^2(s,v)] \right\}, q = 0$$

Shadkhoo 等^[10]给出了广义 hurst 指数 $h_{xy}(q)$ 与 Renyi 指数 $\tau_{xy}(q)$ 关系为

$$\tau_{xy}(q) = qh_{xy}(q) - 1$$

利用勒让德变换,得出下面等式:

$$\alpha = h_{xy}(q) + qh'_{xy}(q)$$

$$f_{xy}(q) = q[\alpha - h_{xy}(q)] + 1$$

多重分形的强度可用 $\Delta\alpha + \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$ 和 $\Delta h = h_{\max}(q) - h_{\min}(q)$ 来表示。 $\Delta\alpha, \Delta h$ 的值越大,多重分形的强度也越大,即市场存在的不确定性因素就越多,市场越复杂。

1.2 连通性频率动态分析

由多个相关时间序列组成的系统中,连通性可以通过向量自回归(VAR)模型的方差分解表示,可以对包含所有变量的方差分解中的信息进行聚合量化系统是如何连接的^[11]。

VAR 模型一般采用 Cholesky 分解方法,以达到正交化效果。但是 Cholesky 分解严重依赖于模型中变量的次序,不够灵活。为了克服这个缺点,Diebold 等^[11]提出了广义方差分解方法,将系统预测的均方差分解成各变量所做出的贡献,以此考查系统中任意一个变量的相对重要性。

首先,建立一个具有平稳协方差,滞后 p 期的 N 个变量的 NAR 模型:

$$X_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

其中 φ_i 为 $N \times N$ 维系数矩阵, $X_t = (x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{N,t})^T$, ε_t 为误差向量,均值为 0, Σ 为协方差矩阵。

假设该模型有平稳的协方差,可得:

$$X_t = \sum_{i=0}^{\infty} A_i \varepsilon_{t-i}$$

A_i 为 $N \times N$ 维系数矩阵,满足递归公式 $A_i = \varphi_1 A_{i-1} + \varphi_2 A_{i-2} + \dots + \varphi_p A_{i-p}$, A_0 为 $N \times N$ 维单位矩阵。

Diebold 和 Yilmaz 将方差份额定义为 H 步预测误差中由于自身受到信息冲击引起的变化,将变量 x_i 的 H 步预测误差方差中由模型中另外的变量冲击所引起的变量定义为波动溢出。对于 $i \neq j$, 用 $\theta_{ij}^e(H)$ 表示 KPSS 中 H 步预测误差分解,对于 $H=1, 2, \dots$,有

$$\theta_{ij}^e(H) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \sum e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \sum A_h' e_i)}$$

σ_{jj} 为第 j 个方程误差项的标准差, e_i 为除了第 i 个元素为 1 外,其余元素均为 0 的选择向量。为了方便利用方差分解矩阵中的可用溢出指数,将方差分解矩阵归一化:

$$\bar{\theta}_{ij}^e(H) = \frac{\theta_{ij}^e(H)}{N} = \frac{\theta_{ij}^e(H)}{\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^e(H)}$$

利用 KPSS 方差分解的波动贡献,可以构造出总体的波动溢出指数:

$$S^g(H) = \frac{\sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N \overline{\theta_{ij}^g(H)}}{\sum_{i,j=1}^N \overline{\theta_{ij}^g(H)}} \cdot 100 = \frac{\sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N \overline{\theta_{ij}^g(H)}}{N} \cdot 100$$

广义 VAR 方法还定义了方向溢出指数:

$$S_{i \cdot}^g(H) = \frac{\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N \overline{\theta_{ij}^g(H)}}{\sum_{i,j=1}^N \overline{\theta_{ij}^g(H)}} \cdot 100 = \frac{\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N \overline{\theta_{ij}^g(H)}}{N} \cdot 100$$

$$S_{\cdot i}^g(H) = \frac{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \overline{\theta_{ji}^g(H)}}{\sum_{i,j=1}^N \overline{\theta_{ji}^g(H)}} \cdot 100 = \frac{\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N \overline{\theta_{ji}^g(H)}}{N} \cdot 100$$

其中: $S_{i \cdot}^g$ 为指数 j 对指数 i 的方向的波动大小; $S_{\cdot i}^g$ 表示指数 i 对指数 j 的方向。

2 数据处理

2.1 数据预处理

农产品期货市场早已成为农民和企业规避风险和安排生产的重要工具。然而,我国农产品期货市场发展时间较短,存在期货市场体系尚不完善等问题。美国作为世界上第一农产品生产国和出口国,其农产品市场及价格一直较为稳定,农产品期货市场发挥了不可替代的作用。

芝加哥期货交易所发展历史悠久,交易的粮食作物如玉米及经济作物棉花等期货价格是国际农产品市场价格的风向标,影响着国际农产品市场价格的波动与走势。选取玉米、小麦、大豆、黄豆油作为研究对象,目的是刻画美国农产品期货市场的结

构特征。

选取 2005-07-16—2019-07-11 每日收盘价作为研究数据,除去异常点和匹配数据,玉米、小麦、大豆、黄豆油的样本数均为 3 571(数据来源于新浪财经)。

定义对数收益序列为 $r_t = \ln(P_t/P_{t-1})$, P_t 为时间 t 的收盘价格指数,并以此为实证数据。图 1 为 4 个品种的对数收益率图,可知小麦波动性最大,黄豆油波动性最小,4 个收益率序列均具有波动聚集的特征。

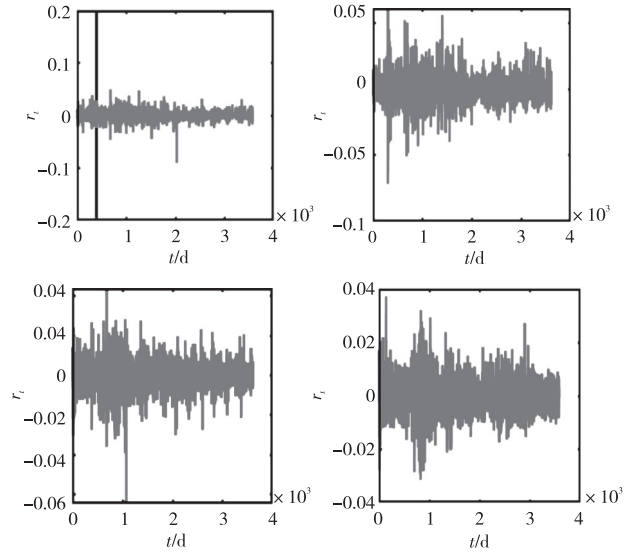


图 1 4 个品种的对数收益率序列图

Fig. 1 The sequence diagrams of logarithm yield of four varieties

2.2 基本统计特征与交互相关性检验

为了进一步了解 4 个品种的相互关系,首先利用传统的统计方法对它们的特征进行检验。表 1 描述了 4 个农产品收益序列的相关特征统计量。

表 1 4 个品种收益率序列基本统计量表

Table 1 Table of basic statistics of return series of four varieties

品种	均值	最大值	最小值	极差	偏度	峰度	标准差	J-B	Q(30)	KPSS
玉米	0.008 15	0.196 69	-0.196 14	0.392 8	-0.156 19	108.64	0.009 49	1 662 006 *	89.322 *	0.148
小麦	0.005 45	0.060 84	-0.071 8	0.132 7	0.235 57	8.252 73	0.009 55	4 183.57 *	98.99 *	0.252
大豆	0.003 04	0.043 69	-0.064 28	0.107 87	-0.469 6	8.300 57	0.006 74	4 358.806 *	32.230 *	0.150
黄豆油	-0.000 39	0.031 31	-0.031 44	0.068 75	0.096 17	5.736 59	0.006 17	1 119.789 *	48.855 *	0.129

注: * 表示在 1% 的显著水平下拒绝原假设; $Q(i)$ 表示 J-B 统计量具有 i 阶延迟的值。

表 1 中 4 个序列的均值均接近于 0, 意味样本均有自我回归平衡的功能; 它们的偏度均不为 0, 其

中玉米、大豆呈现右偏的趋势, 小麦和黄豆油呈现出左偏的趋势; 大豆的偏度大于其他的偏度, 说明

大豆具有更大的非对称性;峰度均大于正态分布的峰度。Jarque-Bera 检验结果也验证了 4 个收益率序列均具有“尖峰厚尾”的特征。Ljung-Box 的测试结果 $Q(30)$ 存在明显的延迟,拒绝了 1% 显著性水平下的无自相关原假设,说明序列具有长程自相关性。从 KPSS 检验中可知无法拒绝平稳时间的假设。这些结论表明这 4 个收益序列是稳定的,可以直接进行建模研究。

为了有效地检验市场间是否存在交互相关性,运用 Podobnik 等^[12]提出的一种新的交互相关性检验法,对于两个时间序列,定义检验统计量和交互相关函数:

$$Q_{cc}(m) = N^2 \sum_{i=1}^m \frac{c_i}{(N-i)}$$

$$c_i = \frac{\sum_{k=i+1}^N x_k y_{k-i}}{\sqrt{\sum_{k=1}^N x_k^2 \sum_{k=1}^N y_k^2}}$$

图 2 所示为自由度为 1~1 000 之间的收益序列的交互相关函数。很明显,6 对收益率序列之间的 $Q_{cc}(m)$ 始终偏离 5% 显著水平下的临界值。因此,拒绝原假设,表明 6 对收益率序列之间存在长程交互相关关系。

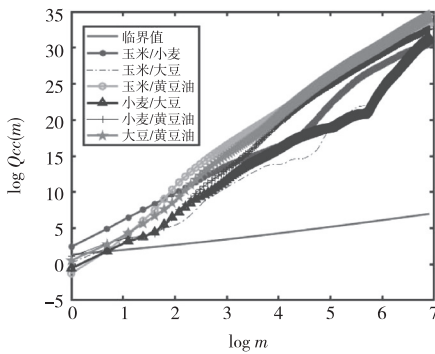


图 2 6 对农产品序列的的双对数图

Fig. 2 Log-log plot of six pairs of agricultural products sequence

3 4 种农产品的多重分形分析

3.1 4 种农产品间交互相关性分析

交互相关统计量仅能定性地检验收益率序列之间的交互相关性,而 MF-DCCA 等多重分形分析法能定量地刻画交互相关性的特征及强度。由上述可知,4 个品种的收益率序列不仅具有长程自相

关性,而且存在长程交互相关关系。

图 3 绘制出收益率序列的波动函数 $F_{xy}(q, s)$ 对时间标度 s 的双对数图。从图 3 可见,对于不同的 q 值,所有的曲线在某一段时间内都近似为线性的,这种线性关系表明,每对收益率序列之间都存在幂律交互相关关系,意味着一个农产品期货市场价格的大幅度波动,很可能伴随着其他农产品期货市场价格的大幅波动,反之亦然。

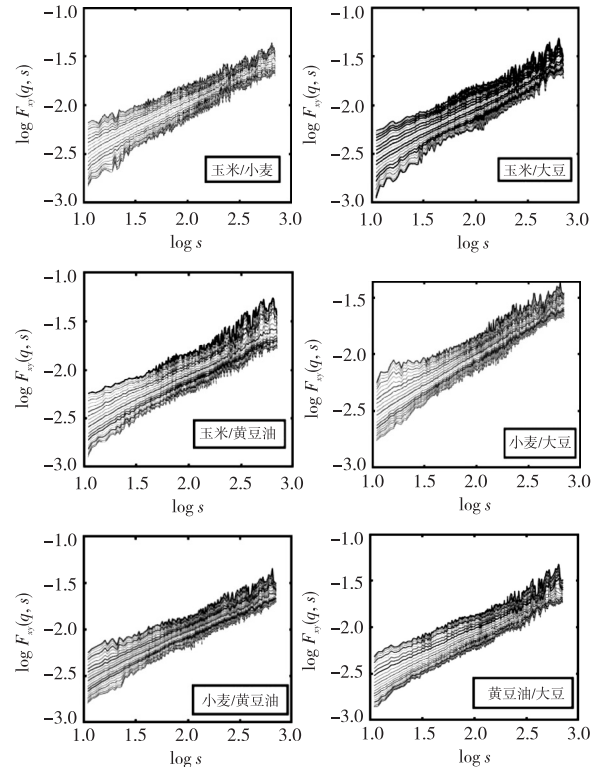


图 3 6 对收益率序列波动函数双对数图

Fig. 3 Six pairs of double logarithm graphs of volatility function of return series

表 2 为交互相关指数 $H_{xy}(q)$ 随 q 从 -10~10 的变化值。这 6 个农产品期货之间的交互相关性具有明显的多重分形特征。玉米/小麦、玉米/大豆和小麦/黄豆油的 $H_{xy}(q)$ 随着 q 的增加而非线性减小,而玉米/黄豆油、小麦/黄豆油和黄豆油/大豆的 H 先随着 q 增加而非线性减小,接着增大,后又递减。 $q=-10$ 时, $H_{xy}(q)$ 均大于 0.5,说明极端小波动的交互相关性是可持续的。当 $-10 \leq q \leq 10$ 时,玉米/黄豆油、玉米/大豆和黄豆油/大豆的交互相关指数均比 0.5 大,表明这 3 对序列的小波动和大波动的交互相关性是持续的。6 对序列中,玉米/大豆的多重分形强度 $\Delta H_{xy}(q)$ 最大,说明玉米/大豆的资产组合所承担的金融风险最大,小麦/黄豆油的 $\Delta H_{xy}(q)$ 最小,因此小麦和黄豆油为最优组合,

金融风险最小。

表 2 交互相关指数值表

Table 2 Scaling exponents $H_{xy}(q)$ for return series with q varying from -10 to 10

q	玉米/小麦	玉米/黄豆油	玉米/大豆	小麦/黄豆油	小麦/大豆	黄豆油/大豆
-10	0.588 7	0.571 1	0.655 2	0.553 5	0.600 4	0.613 4
-8	0.574 8	0.560 4	0.640 5	0.541 6	0.588 6	0.602 2
-6	0.558 4	0.549 4	0.622 8	0.527 9	0.575 4	0.589 3
-4	0.541 6	0.541 8	0.603 9	0.514 4	0.561 9	0.575 8
-2	0.528 3	0.543 7	0.587 3	0.504 7	0.550 0	0.564 4
0	0.519 7	0.562 5	0.575 6	0.503 4	0.540 4	0.560 2
2	0.510 9	0.596 0	0.567 6	0.510 0	0.531 0	0.566 0
4	0.498 8	0.616 8	0.557 6	0.514 1	0.518 8	0.568 2
6	0.485 3	0.616 0	0.544 3	0.507 8	0.502 3	0.559 5
8	0.472 6	0.606 8	0.531 1	0.496 2	0.485 9	0.547 8
10	0.461 8	0.596 9	0.520 2	0.484 6	0.472 1	0.537 7
$\Delta H_{xy}(q)$	0.126 9	0.077 2	0.135 0	0.068 9	0.128 3	0.075 7

图 4 为农产品收益率序列的多重分形谱图。从图 4 可看出,6 对收益率序列均呈钟形,顶部较为平坦, $\Delta\alpha$ 取值较大,说明农产品期货价格波动的振幅较大,价格波动的分布是非均匀分形结构。玉米/黄豆油价格波动剧烈,可能是 2015 年黄豆油的冲高回落不稳定导致的。多重分形谱宽度均大于 0,表明序列的交互相关关系存在多重分形性。当 $\alpha \in (0.45, 0.48)$ 时,玉米/黄豆油的 $f(\alpha) < 0$,表明两个市场的交互相关性出现更大的噪声,市场更易波动变化。所有序列满足 $\Delta f > 0$,即 $f(\alpha) \sim \alpha$ 呈单峰左钩状,说明获得高价格的概率低于低价格的概率,收益率序列随后有下降的趋势。表 3 为多重分形谱宽度。

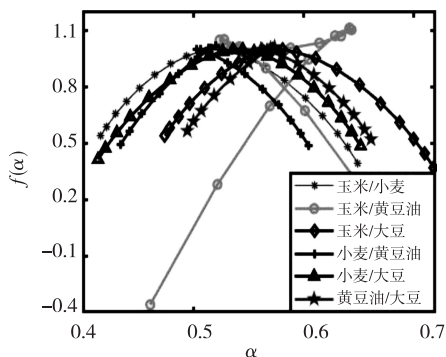


图 4 农产品收益率序列的 $f(\alpha) \sim \alpha$

Fig. 4 $f(\alpha) \sim \alpha$ diagram of yield series of agricultural products

从表 3 可得出以下结论:所有农产品的多重分形谱宽度 $\Delta\alpha$ 均大于 0,并且满足 $\Delta\alpha_1 < \Delta\alpha_2$,表明序

列自相关的强度远强于序列交互相关性的多重分形强度。这可能是因为两个市场的资产组合容易被外部因素干扰,使得风险对冲,波动幅度降低,从而投资组合的风险较小。

表 3 多重分形谱宽度 $\Delta\alpha$

Table 3 Multifractal spectrum width $\Delta\alpha$

交互相关的 $\Delta\alpha_1$	自相关的 $\Delta\alpha_2$
玉米/小麦	0.233 1
玉米/黄豆油	0.102 8
玉米/大豆	0.243 9
小麦/黄豆油	0.170 6
小麦/大豆	0.238 1
黄豆油/大豆	0.166 6
大豆	0.381 4
小麦	0.408
黄豆油	0.155 1
玉米	0.477 3

3.2 多重分形性的来源

上述已经证明了美国 4 个农产品市场的交互相关关系存在显著的多重分形特征,下面讨论其多重分形的来源。众所周知,长程相关性和胖尾分布是形成多重分形性的主要来源^[13]。图 5 为收益率序列的原始序列、打乱序列和替代序列多重分形谱图。6 个打乱序列的曲线更接近于原始序列,说明多重分形性更多地归因于胖尾分布。

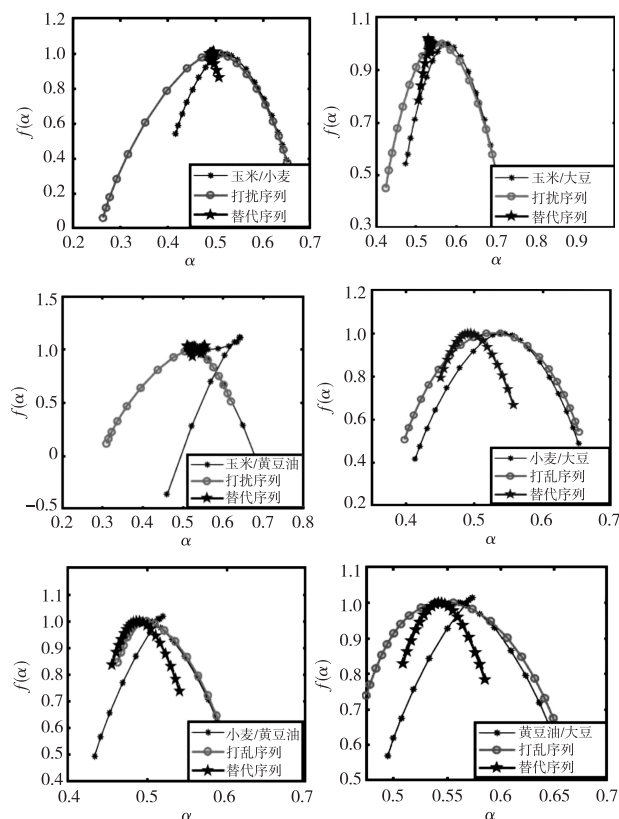


图 5 6 对收益率序列的多重分形谱图

Fig. 5 Multifractal spectrum of six pairs of return series

4 连通性度量

为了进一步描述系统中的两个或以上市场的连通性证据,确定特定市场在整个系统中贡献溢出现象,使用 Diebold 等^[11]提出的频率连通方法,来研究这 4 种农产品期货市场的连通性或相关性。

首先进行平稳性检验。基于四阶滞后结构的检验,发现模型中所有单位根的模均小于 1,表明模型不存在单位根,满足平稳性检验,可以进行方差分解。

表 4 是没考虑时间频率下的 DY 方法的连通性度量。分别计算 4 种农产品期货的净方向贡献能力,得出数据:大豆为 7.2%,小麦为-7.2%,黄豆油为 0.3%,玉米为-0.2%。这一发现表明:大豆和黄豆油的期货市场是导致系统相关性变化的净贡献者(传导者),小麦和玉米期货市场是追踪这些变化的被动接受者。系统中测量的总连通性仅为 9.7%,表明 4 个农产品期货市场之间存在薄弱的联系,大豆期货市场对整个系统总连通度贡献最大,为 7.6%,约占总连通的 78.4%;除大豆之外,玉米对于系统的贡献第二,为 0.9%,表明整个系统的信息大部分在这两个市场中被吸收与反应。整个采样期间的总连通性和方向连通性都很低。

表 4 利用 DY 方法的连通性度量

Table 4 Connectivity measurement using DY method %

	大豆	小麦	豆油	玉米	来自其他的贡献
大豆	92.4	6.9	0.1	0.6	7.6
小麦	0.1	99.5	0.2	0.2	0.5
豆油	0.4	0.2	99.2	0.2	0.8
玉米	0.1	0.6	0.2	99.1	0.9
对其他的贡献	0.4	7.7	0.5	1.1	9.7

注:“其他”指除单个市场外的另 3 个市场总体;所有的结果都是基于四阶向量自回归和 100 天后波动率预测误差的广义方差分解。

5 结论

为了研究美国农产品价格收益序列之间的交互相关关系,首先运用基本统计量、交互相关性检

验,证明序列存在长程交互相关性;其次运用 MF-DCCA 和多重分形谱分析,定量地分析 6 对收益率序列内部特征和交互相关强度,发现它们的交互相关关系是非线性的,具有多重分形特征,长程相关性和胖尾分布是形成多重分形性的主要来源,多重分形性更多地归因于胖尾分布;最后利用广义方差分解计算系统连通性,发现大豆对系统的贡献程度最大。本文的研究结果对我国农产品期货市场的发展有一定的参考价值。

参考文献(References):

- [1] PETER E. Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1994
- [2] LARSON, AMOLD B. Measurement of a Random Process in Futures Prices [J]. Food Research Institute Studies, 1960(3): 191—204
- [3] BIGMAN D. Futures Market Efficiency and the Time Content of the Information Sets [J]. Journal of the Futures Markets, 1983(3): 321—324
- [4] BOOTH G G, BROCKMAN P, TSE Y. The Relationship Between US and Canadian Wheat Futures [J]. Applied Financial Economics, 1998(8): 73—80
- [5] 孙毅, 秦梦. 中国大豆期货市场联动性分析——基于同频和混频模型的分析 [J]. 价格理论与实践, 2018(12): 409—412
SUN Y, QIN M. Linkage Analysis of China's Soybean Futures Market-based on Co-Frequency and Mixing Models [J]. Price Theory and Practice, 2018(12): 409—412 (in Chinese)
- [6] 秦梦, 李琳, 孙毅. 美农报告对中国农产品期货波动的影响——基于 GARCH-MIDAS 模型 [J]. 青岛农业大学学报(社会科学版), 2018(3): 32—38
QIN M, LI L, SUN Y. The Impact of US Agriculture Report on China's Agricultural Products Futures Fluctuation-Based on GARCH-MIDAS Model [J]. Journal of Qingdao Agricultural University (Social Science Edition), 2018(3): 32—38 (in Chinese)
- [7] 张川, 王宏勇. 我国农产品期货市场的分形分析 [J]. 南京财经大学学报, 2015(1): 33—40, 108
ZHANG C, WANG H Y. Fractal Analysis of China's Agricultural Product Futures Market [J]. Journal of Nanjing University of Finance and Economics, 2015(1):

- 33—40,108(in Chinese)
- [8] WANG B C, WEI Y, XING Y H, et al. Multifractal Detrended Cross-correlation Analysis and Frequency Dynamics of Connectedness for Energy Futures Market[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Application*, 2019(12):1—15
- [9] ZHOU W X. Multifractal Detrended Cross-correlation Analysis for Two Nonstationary Signal [J]. *Physical Review E*,2008,77 (6): 066211
- [10] SHADKHOO S., JAFARI G R. Multifractal Detrended Cross-correlation Analysis of Temporal and Spatial Seismic Data [J]. *The European Physical Journal B*, 2009,72(4): 679—683
- [11] DIEBOLD F X, YILMAZ K. Better to Give than to Receive: Predictive Directional Measurement of Volatility Spillovers [J]. *International Journal of Forecasting*, 2012, 28(1): 57—66
- [12] PODONIK B, GROSSE I, HORVATIĆD, et al. Quantifying Cross-correlations Using Local and Global Detrending Approaches [J]. *The European Physical Journal B*, 2009, 71(2): 243—250
- [13] ZHOU W X. The Components of Empirical Multifractality in Financial Returns[J]. *Europhysics Letters*,2009, 88(2): 28004

Fractal Statistical Analysis of Agricultural Product Futures Market: Evidence Based on Chicago Futures Exchange

MA Jie

(School of Applied Mathematics, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China)

Abstract: Agricultural product futures market is an important component of financial market and plays an important role in the world economy. Taking the yield series of four agricultural products futures prices of corn, wheat, soybean and soybean oil of Chicago Futures Exchange as the research object, using the methods of cross-correlation statistics, multifractal analysis and connectivity frequency analysis, this paper empirically studies the cross-correlation of price fluctuation in agricultural futures market in the United States and the size of market risk. The results show that there is an interactive correlation between the price-return series of American agricultural products futures market, and the correlation has different multifractal characteristics, which result from the long-range correlation between small fluctuations and large fluctuations and the fat tail distribution of the series. The investment portfolio of different futures varieties contains different risks, among which the risk of corn/soybean is the biggest but the risk of wheat/soybean oil is the smallest. Agricultural futures market has weak connectivity. Soybean contributed the most to the system, followed by corn.

Key words: agricultural futures; return series; interactive correlation; fractal statistical analysis

责任编辑:李翠薇

引用本文/Cite this paper:

马洁.农产品期货市场的分形统计分析——基于芝加哥期货交易所的证据[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2020,37(5):73—79

MA J. Fractal Statistical Analysis of Agricultural Product Futures Market: Evidence Based on Chicago Futures Exchange[J]. *Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition)*, 2020, 37(5): 73—79