

金融市场动力学及时空结构

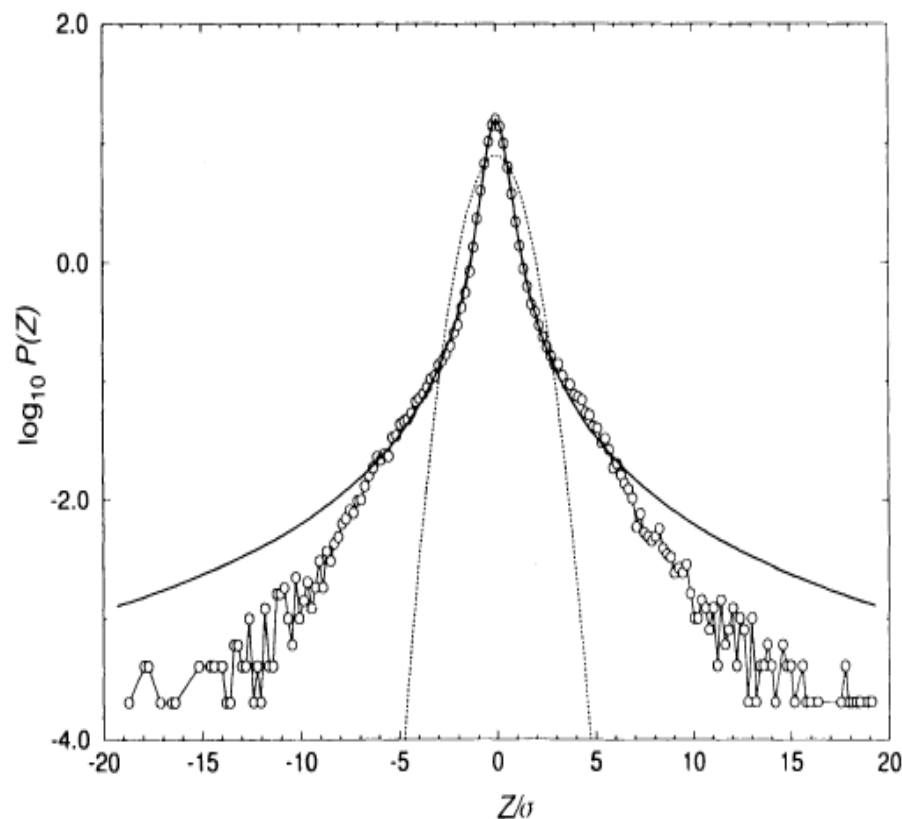


邱天
南昌航空大学

-
- 金融物理学进展
 - 杠杆效应和反杠杆效应
 - 个体股票价格的交叉关联
 - 金融网络动力学

背景介绍

价格收益率的概率分布既不是高斯分布，也不是Levy分布，而是尾部截断的Levy分布。



R.N. Mantegna and H.E. Stanley, Nature **376** (1995) 46; **383** (1996) 587

金融物理学之所以能够成为一个独立的研究分支，是因为在研究中大量应用物理学特别是统计物理学中的概念和方法，如多体相互作用、时空长短程关联、内部对称性、相和相变、多重分形及随机矩阵理论等方法，强调微观多体相互作用所引起的集体行为表现出来的统计性质。

中西方金融市场的对比研究

股票市场的整体运动的基本性质大体上具有普适性，而市场的局部运动展现出一些非普适的运动规律。

记股票或大盘指数价格为 $P(t')$ 价格收益率为

$$R(t') = \ln P(t'+\Delta t') - \ln P(t')$$

为了方便研究，我们引入归一化的价格收益率

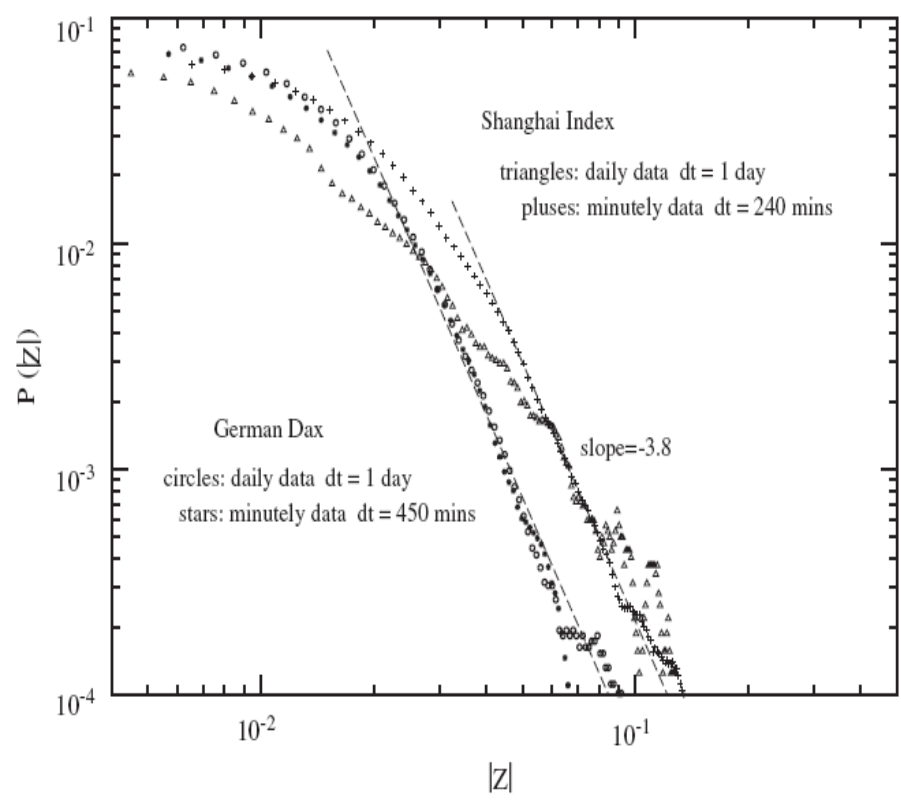
$$r(t') = [R(t') - \langle R(t') \rangle] / \sigma,$$

中西方金融市场的对比研究

1. 价格收益率的概率分布 $P(r)$ 具有‘幂次胖尾’的特征，即当 r 较大时， $P(r) \propto r^{-\mu}$, $\mu \approx 0.38$

这表示概率分布明显偏离高斯分布，而且存在较大的价格收益率。

2. 价格收益率 $r(t')$ 的时间自关联很小，也就是说， $r(t')$ 的正负号基本上是随机的，难以预测。

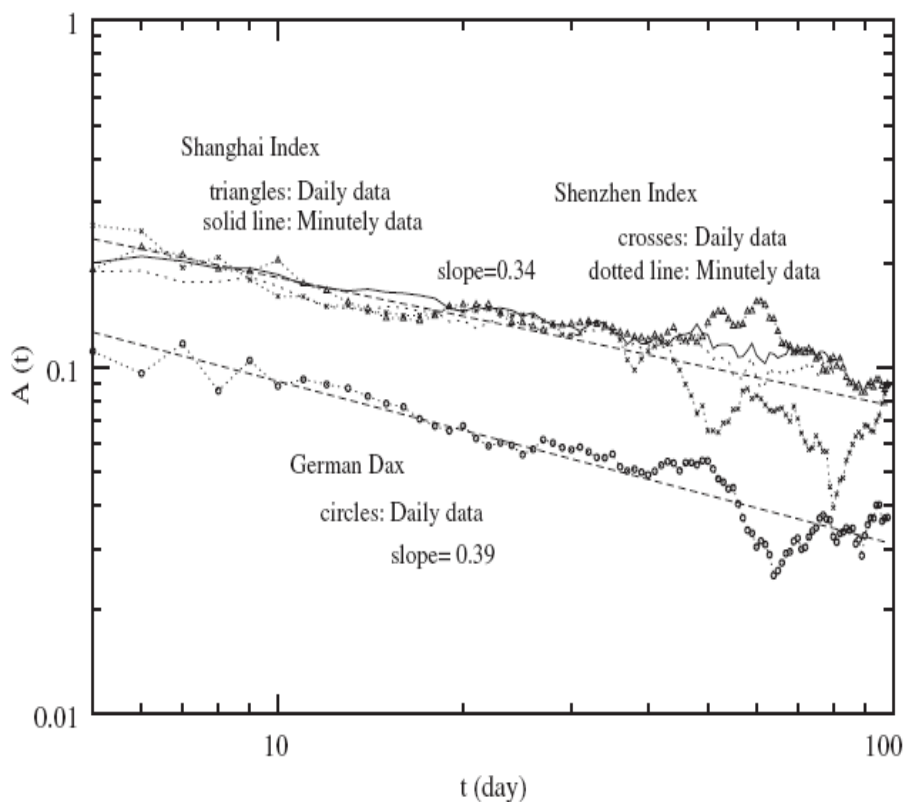


中西方金融市场的对比研究

3. 价格波动率 $|r(t')|$ 自关联函数呈幂次行为,

$$A(t) \equiv \langle |r(t')| |r(t'+t)| \rangle \propto t^{-\beta}$$

也即具有长程记忆效应, 无论金融市场当前处于动荡或平稳状态, 这一状态的效应将持续相当长时间。



中西方金融市场的对比研究

Ref:

1. P. Gopikrishnan, V. Plerou, L. A. N. Amaral, M. Meyer, and H. E. Stanley, Phys. Rev. E60 (1999) 5305
2. F. Ren, B. Zheng, H. Lin, L. Y. Wen, and S. Trimper, Physica A350 (2005) 439
3. T. Qiu, B. Zheng, F. Ren, and S. Trimper, Physica A378 (2007) 387

杠杆效应与反杠杆效应

价格收益率和波动率的时间互关联函数

$$L(t) \equiv [\langle r(t') | r(t'+t) |^2 \rangle - L_0] / Z$$

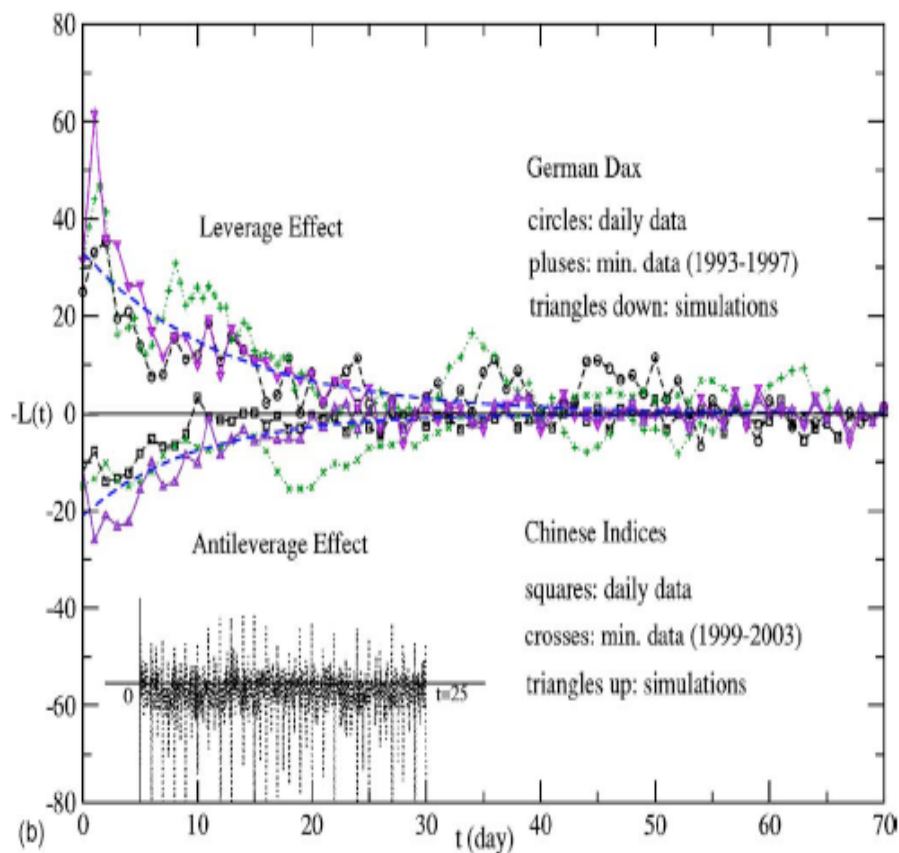
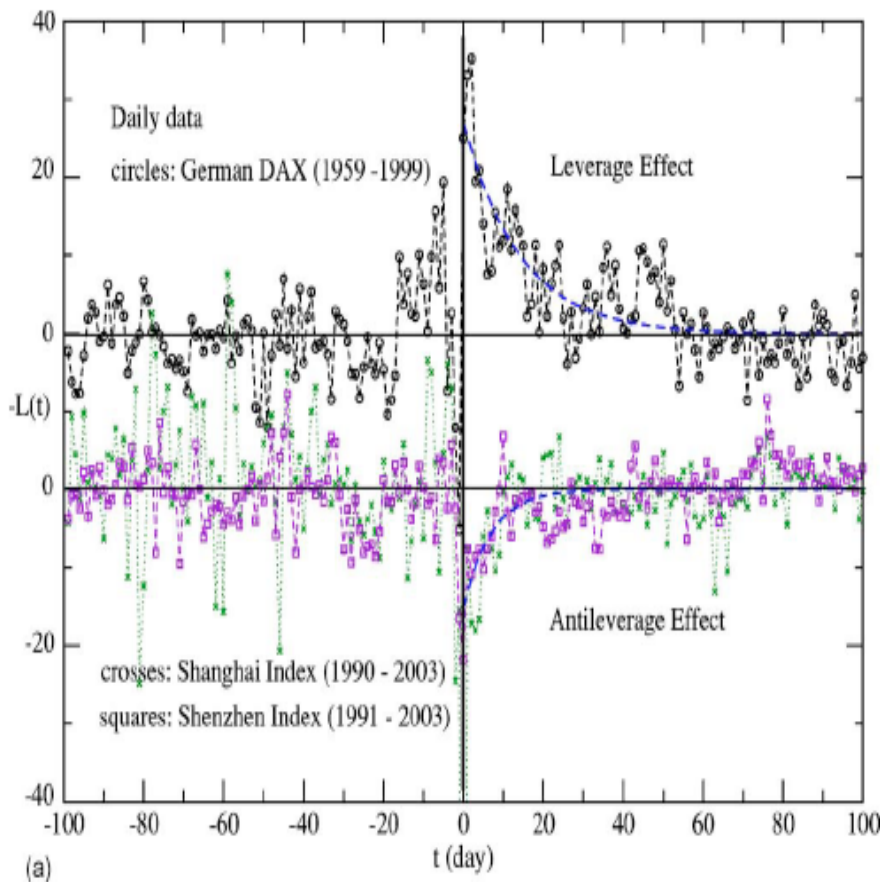
其中 $L_0 = \langle r(t') \rangle \langle |r(t')|^2 \rangle$, $Z = \langle |r(t')|^2 \rangle^2$

Ref:

J.P. Bouchaud, A. Matacz, and M. Potters, Phys. Rev. Lett. **87** (2001) 228701

T. Qiu, B. Zheng, F. Ren, and S. Trimper, Phys. Rev. **E73** (2006) 065103(R)

杠杆效应与反杠杆效应



个体股票价格的交叉关联

金融市场没有传统意义下的空间概念，个体股票的交叉关联便是其‘空间’关联。设个体股票的价格收益率为 $r_i(t')$ ，股票之间的交叉关联

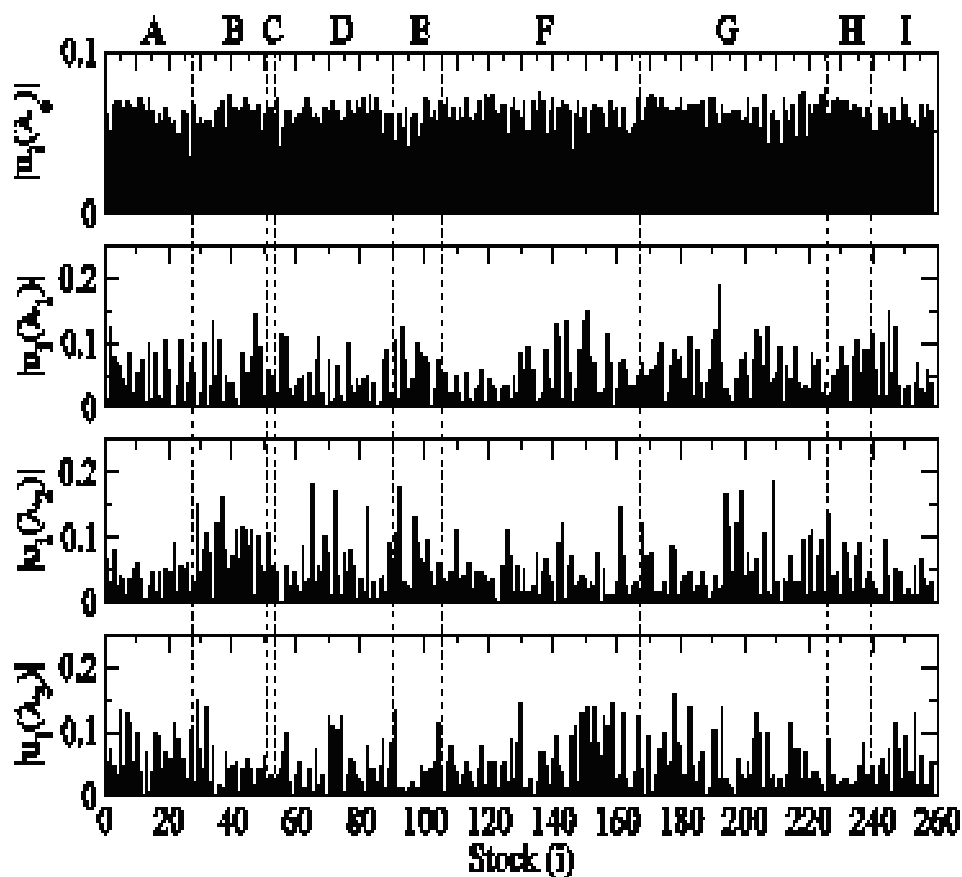
$$C_{ij} \equiv \langle r_i(t') r_j(t') \rangle$$

中国金融市场的交叉关联强度较大， $\bar{C}_{ij} \approx 0.4$ ，大约是美国及印度等国的两倍。

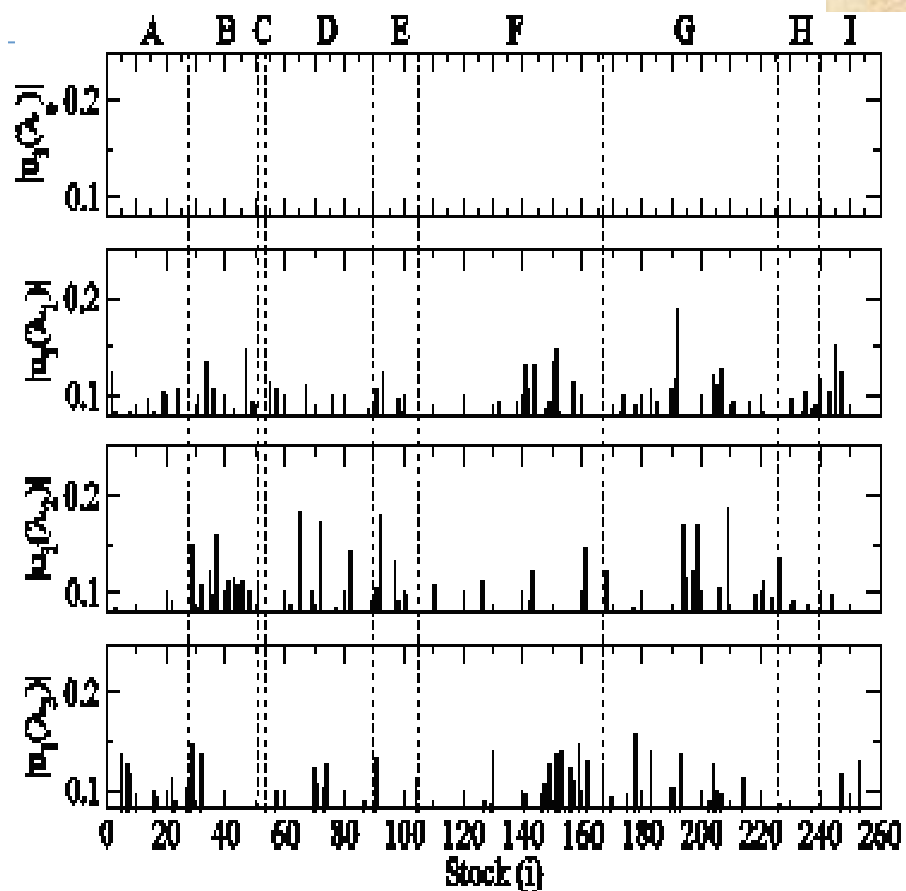
Ref:

1. V. Plerou, P. Gopikrishnan, B. Rosenow, L.A.N. Amaral, T. Guhr, and H.E. Stanley, Phys. Rev. **E65** (2002) 066126
2. J. Shen and B. Zheng, Europhys. Lett. **86** (2009) 48005

个体股票价格的交叉关联



(a)



(b)

A: 金融; B: IT; C: 能源; D: 原材料; E: 日常消费品; F: 非日常消费品; G: 工业; H: 公共事业; I: 医疗卫生。

金融网络动力学

我们定义一个个个体股票之间的瞬时关联

$$G_{ij}(t) = r_i(t)r_j(t)$$

个股为节点，设置一个阈值 ζ ，如果 $G_{ij}(t) > \zeta$ ，则建立一条边。

我们分别研究静态阈值 $Q_s = \frac{2}{N(N-1)T} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \sum_{t=1}^T G_{ij}(t)$ 和动态阈值

$Q_d(t) = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N G_{ij}(t)$ 对网络拓扑结构的动力学的

影响，发现动态阈值构建的网络结构比静态阈值构建的网络结构稳定。

Ref: T. Qiu, B. Zheng, G. Chen. New J. Phys., 12, 043057, 2010

DFA方法

通常DFA函数 $F(t)$ 服从一个幂率行为

$$F(t) \sim t^\theta$$

$0 < \theta < 0.5$ 代表时间序列长程反关联

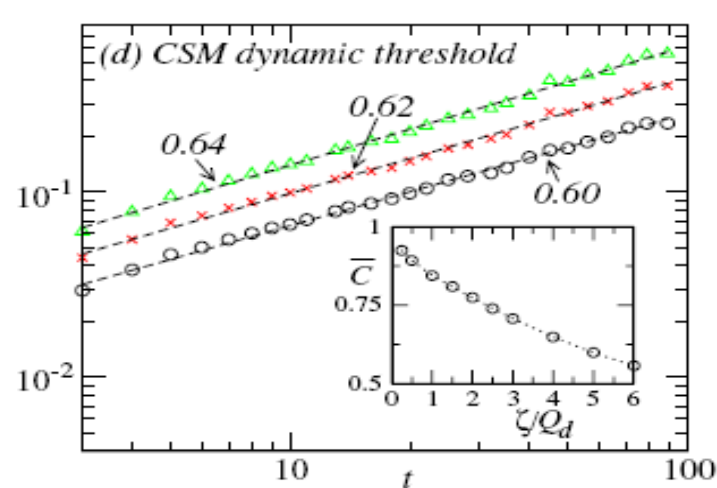
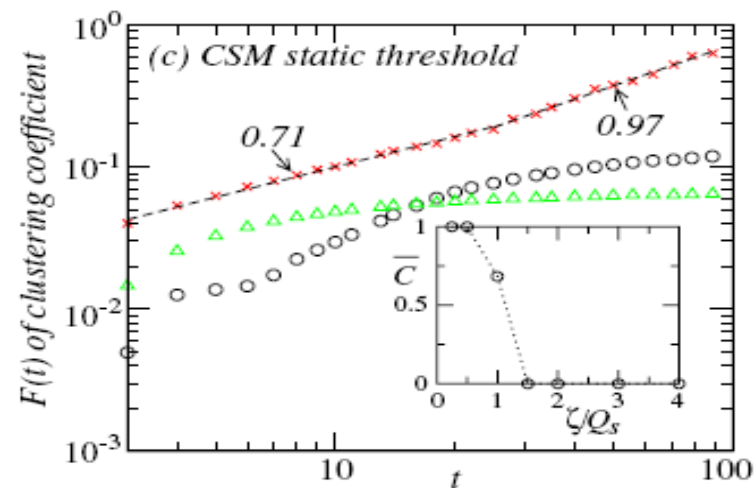
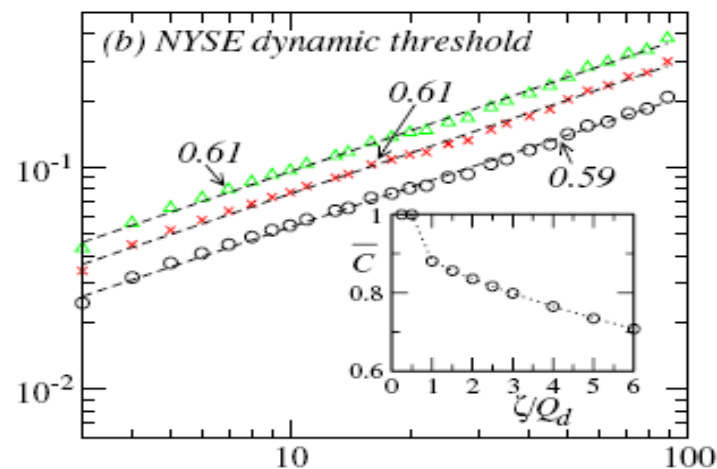
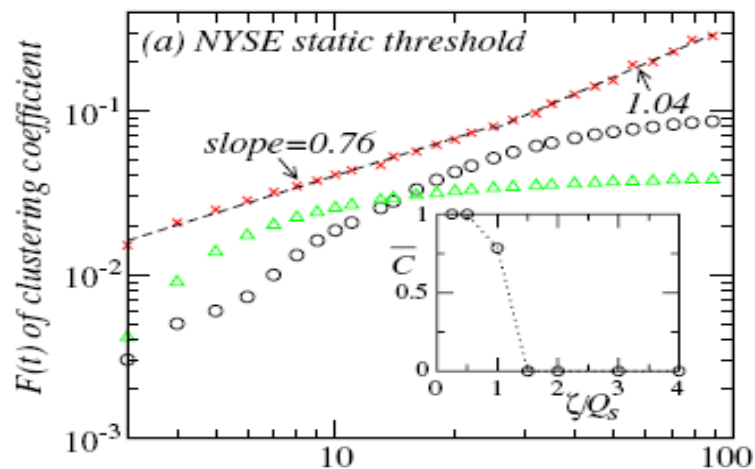
$\theta = 0.5$ 代表时间序列为高斯白噪声

$0.5 < \theta < 1.0$ 代表时间序列长程关联

$\theta = 1.0$ 为 $1/f$ 噪声

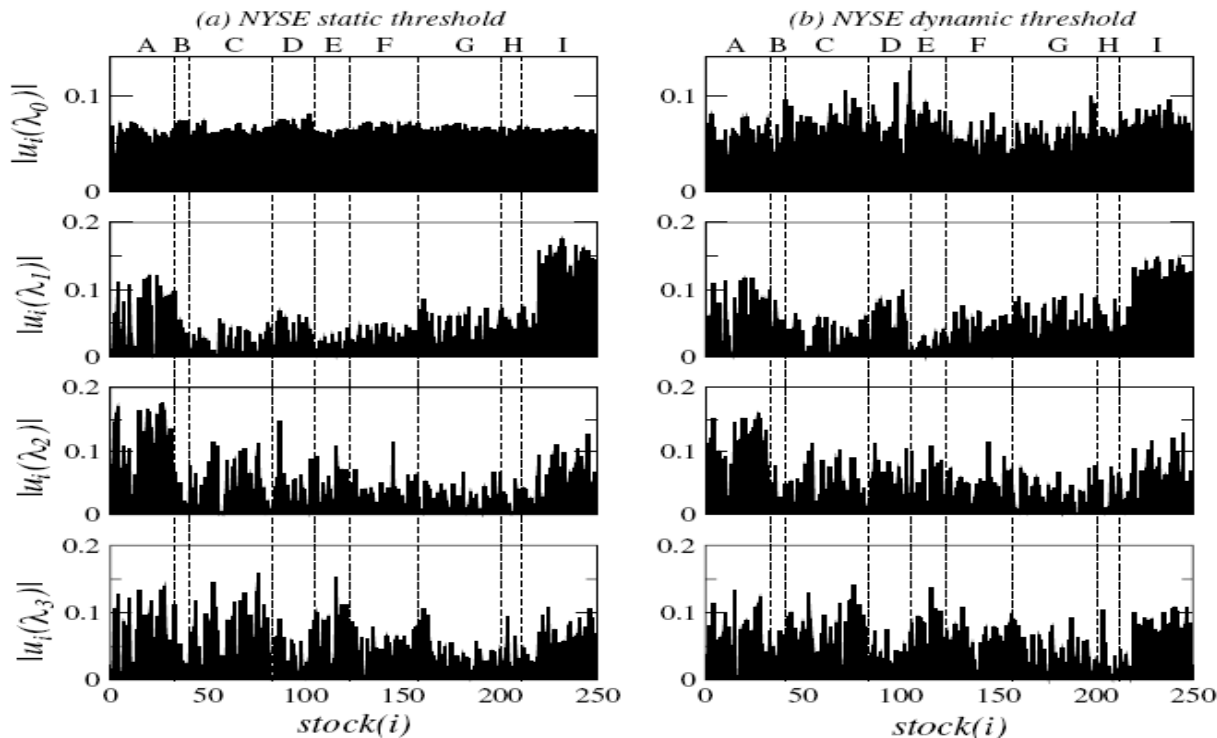
$\theta > 1.0$ 代表时间非稳序列

金融网络动力学



$$\zeta = Q_s$$

$$\zeta = Q_d(t)$$



A: basic materials; B: conglomerates; C: consumer goods; D: finance; E: healthcare; F: industrial goods; G: services; H: technology; I: utilities.

结论

- 中西方金融市场的若干基本统计性质具有普适性。例如，价格收益率的概率分布具有“幂次厚尾”分布，且时间自关联很小，而价格波动率具有长程时间自关联。
- 与西方金融市场比较，中国金融市场呈现一些特殊的统计特性，如价格收益率和波动率的时间互关联的反杠杆效应，和个体股票价格的交叉关联等。
- 动态阈值有利于构建更稳定的金融网络。

展望

- 金融市场的弱普适和非普适的动力学性质和运动规律。
- 金融动力学的非稳态性质和金融危机的动力学内部机制，强调与经济学更密切相关的研究课题。

谢谢!