

风险溢出相关研究介绍

王祎帆 2020000117

2021 年 10 月 20 日

关联性

现代风险测度和风险管理中，**关联性**（Connectness）是一个核心因素（Diebold and Yilmaz, 2014, Journal of Econometrics）

- 市场风险：收益关联性
- 信贷风险：违约关联性
- 对手方和僵局风险：多边合同关联性
- 系统性风险：系统的关联性
- 宏观经济风险，特别是商业周期风险：国家内部和国家间实际活动的关联性
- ...

忽略关联性而仅基于市场波动性（尤其是历史数据法）来研究风险会造成极大的**低估**。

太大而不能倒 \leftrightarrow 太关联而不能倒



关联性的测度

- 基于相关性的衡量方法
 - 只衡量成对的关联，没有方向性
 - 与线性、高斯思维相结合，在金融市场环境中价值有限
- 基于 Granger 检验
 - 主要基于时间的先后，而非真正的因果
 - 忽略同期因果
- 基于预测误差方差分解 (Sims, 1980, Econometrica)
 - 可以对变量间的相互影响力度进行有效比较
 - 但基于 Cholesky 方差分解方法会受变量顺序的影响
- 基于 **广义预测误差方差分解** (Pesaran and Shin, 1998, Economics Letters)
 - 不受变量顺序的影响
 - 最早被用于 (Diebold and Yilmaz, 2012, International Journal of Forecasting)

其它测度方法

- CoVaR 及其拓展 (Adrian and Brunnermeier, 2016, The American Economic Review; Girardi and Ergün, 2013, Journal of Banking & Finance)
- 边际期望损失 (MES) (Acharya et al., 2012, The American Economic Review)

一个框架

上述研究从多个方面对关联性进行了研究。Diebold and Yilmaz (2014, JoE) 基于有向图，构建了一个统一的框架，来测量两个主体之间，乃至整个系统的关联性。

- 介绍 DY2014
- 介绍最新的研究进展
- 提出新的研究方向

概念设定

本文“关联性”的衡量方法：由于 j 出现的冲击而导致 i 预测误差变化的份额（和预测误差方差分解的概念类似）。

- d_{ij}^H 是 H 步方差分解的第 ij 项，即 i 的 H 步预测误差方差分解中源于 j 变动的比例，其中 $i \neq j$ 。

	x_1	x_2	\cdots	x_N	From others
x_1	d_{11}^H	d_{12}^H	\cdots	d_{1N}^H	$\sum_{j=1}^N d_{1j}^H, j \neq 1$
x_2	d_{21}^H	d_{22}^H	\cdots	d_{2N}^H	$\sum_{j=1}^N d_{2j}^H, j \neq 2$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
x_N	d_{N1}^H	d_{N2}^H	\cdots	d_{NN}^H	$\sum_{j=1}^N d_{Nj}^H, j \neq N$
To others	$\sum_{i=1}^N d_{i1}^H$ $i \neq 1$	$\sum_{i=1}^N d_{i2}^H$ $i \neq 2$	\cdots	$\sum_{i=1}^N d_{iN}^H$ $i \neq N$	$\frac{1}{N} \sum_{i,j=1}^N d_{ij}^H$ $i \neq j$

概念设定

定义：

- 方差分解矩阵： $D^H = [d_{ij}^H]$
- 从 j 到 i 的配对有向关联性： $C_{i \leftarrow j}^H = d_{ij}^H \neq d_{ji}^H$
- “净”配对有向关联性： $C_{ij}^H = C_{j \leftarrow i}^H - C_{i \leftarrow j}^H$
- 其它对 i 以及 i 对其它的总有向关联性：

$$C_{i \leftarrow \bullet}^H = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N d_{ij}^H, \quad C_{\bullet \leftarrow j}^H = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N d_{ij}^H$$

- “净”总有向关联性： $C_i^H = C_{\bullet \leftarrow i}^H - C_{i \leftarrow \bullet}^H$
- 总关联性：

$$C^H = \frac{1}{N} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N d_{ij}^H$$

不同的概念会受到不同人群的关注：

- 主体 i 会关注其它主体和自己的关联性 $C_{i \leftarrow j}^H$
- 监管者会关注 i 的系统重要性 $C_{\bullet \leftarrow i}^H$ 或市场的总体关联性 C^H

关联性 $C_t(x, H, A_t(L), M(\theta_t))$ 取决于四个部分：

- 变量集 x
 - 可以是收益率或者收益率的波动性
- 向前预测步数 H
 - 例如 $H = 10$ 和巴塞尔协议要求计算的 10 天 VaR 一致
 - 可以研究长期、短期的影响
- 变量实时变动的真实情况 $A_t(L)$
 - 例如危机和正常时期的变化情况是不同的
- 时变的模型 $M(\theta_t)$
 - 模型：传统 VAR, SVARs, DSGE
 - 时变：滚窗 $\hat{C}_t(x, H, M_{t-w:t}(\hat{\theta}))$, **TVP-VAR**

需要估计得到： $\hat{C}_t(x, H, M(\hat{\theta}_t))$

和传统网络理论的关系

对于网络的邻接矩阵 $A = [A_{ij}]$, $A_{ij} \in \{0, 1\}$:

- 节点 i 的度 (degree): 均值 δ 越大说明关联性越强

$$\delta_i = \sum_{j=1}^N A_{ij} = \sum_{j=1}^N A_{ji}$$

- 节点之间的距离 (相连所需经过节点的最少个数) s_{ij}
- 网络的直径: 越小说明关联性越强

$$s_{\max} = \max_{i,j} s_{ij} \approx \frac{\ln N}{\ln E(\delta)}$$

和传统网络理论的关系

本文基于方差分解定义的矩阵 D ，本身就是一个网络，但比 A 更复杂：

- 不仅是 0-1 填充，而带有关联“强度”（权重）的属性
- 有向边，故非对称
- 行和为 1，故可以定义自身对自身的影响

$$D_{ii} = 1 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N D_{ij}$$

和传统网络理论的关系

度 (degree) 由不同的权重求和而得, 且可分为:

- from-degrees

$$\delta_i^{from} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N A_{ij} \in [0, 1]$$

- to-degrees

$$\delta_i^{to} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N A_{ij} \in [0, M]$$

另外, C 也可以理解为 D 的平均度 δ

和系统性风险的关系

1. 边际期望损失 (Marginal expected shortfall, MES) 和期望资本损失法 (Expected capital shortfall, ECS)

$$MES_{T+1|T}^{j|mkt} = \frac{\partial E_T[r_{mkt,T+1} | \mathbb{C}(r_{mkt,T+1})]}{\partial w_j} = E_T[r_{j,T+1} | \mathbb{C}(r_{mkt,T+1})]$$

- $\mathbb{C}(r_{mkt,T+1})$ 代表市场发生的极端事件
- 即公司 j 对市场极端事件的敏感性
- 但没有体现公司自身应对风险的能力, 如持有多少资产来缓冲市场不利波动的影响

和系统性风险的关系

$$ECS_{T+1|T}^{j|mkt} = E_T[m_{j,T+1} | \mathbb{C}(r_{mkt,T+1})] = a_{0j} + a_{1j}MES_{T+1|T}^{j|mkt}$$

- 指发生系统性市场事件时预期所需的额外资金 m ，可以衡量公司 j 在 T 时刻对市场的系统风险敞口
- a_{0j} 取决于公司 j 的资产价值与权益的“审慎比率”以及其债务构成
- a_{1j} 取决于 j 公司的审慎比率和初始资本
- 详见 Acharya et al. (2017, The Review of Financial Studies) Proposition 2 (Systemic expected shortfall, SES)
- 总系统性风险为

$$\sum_{j=1}^N ECS_{T+1|T}^{j|mkt}$$

和系统性风险的关系

2. CoVaR 和 ΔCoVaR

之前的 MSE 和 ECS 通过测度市场事件条件下的公司事件，来衡量公司的系统风险**敞口**。而 CoVaR 则通过测度公司事件下的市场事件，来衡量公司的系统性风险**贡献**

$$\Pr_T \left(r_{j,T+1} < -\text{VaR}_{T+1|T}^{p,j} \right) = p$$

$$\Pr_T \left(r_{j,T+1} < -\text{CoVaR}_{T+1|T}^{j|i} \mid \mathbb{C}(r_{i,T+1}) \right) = p$$

通常情况下，事件 $\mathbb{C}(r_{i,T+1})$ 即 $r_{i,T+1} < -\text{VaR}_{T+1|T}^{p,i}$ ，故 CoVaR 非常适合衡量金融机构之间的尾部事件联系

和系统性风险的关系

$$\Delta \text{CoVaR}_{T+1|T}^{j|i} = \text{CoVaR}_{T+1|T}^{j|\text{VaR}(i)} - \text{CoVaR}_{T+1|T}^{j|\text{Med}(i)}$$

令 $j = \text{mkt}$, 则 $\Delta \text{CoVaR}_{T+1|T}^{\text{mkt}|i}$ 衡量公司 i 经历极端时间时, 和正常情况下相比对市场的影响, 即对市场系统性风险的贡献度。市场总系统性风险为:

$$\sum_{i=1}^N \Delta \text{CoVaR}_{T+1|T}^{\text{mkt}|i}$$

和系统性风险的关系

3. 网络关联性, MES 和 CoVaR

- MES 和 CoVaR 都可以反映个体和市场的关联性
- 均可反映强度（权重）以及方向

$$\text{CoVaR}_{T+1|T}^{ji} \neq \text{CoVaR}_{T+1|T}^{ij}$$

- 故二者和本文研究的含权有向网络相似，但其研究的东西不同（个体对市场 or 市场对个体）

和系统性风险的关系

本文研究的内容和二者有相似之处

- from-degrees 衡量个体公司对网络系统冲击的暴露程度，可以类比为 $MES_{T+1|T}^{j|mkt}$
- to-degrees 衡量单个公司对系统网络事件的贡献，可以类比为 $\Delta \text{CoVaR}_{T+1|T}^{mkt|i}$
- 总的度 C 加总公司级的系统性风险，从而衡量系统整体风险，与 ECS 类似

故本文的框架统一了 MES 和 CoVaR，明确了它们与某一加权有向网络的不同方向求和密切相关。

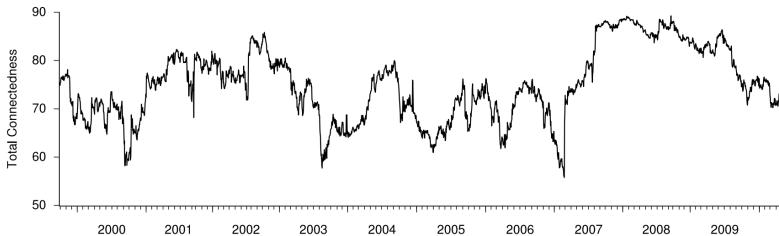
美国金融机构关联性

监测和描述美国主要金融机构在 2007-2008 年金融危机之前和期间的关联性的演变。这里研究波动率之间的关联性：

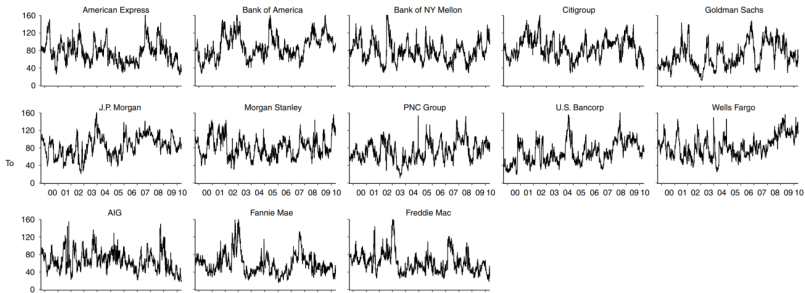
- 波动率关联性即市场参与者在交易时表现出来的“恐慌关联性”
- 对危机感兴趣，而波动性对危机很敏感
- 测度方式：已实现波动率（realized volatility）
 - 利用公司日内交易数据测算
 - 时间间隔为 5min，价格变化的对数平方和

美国金融机构关联性

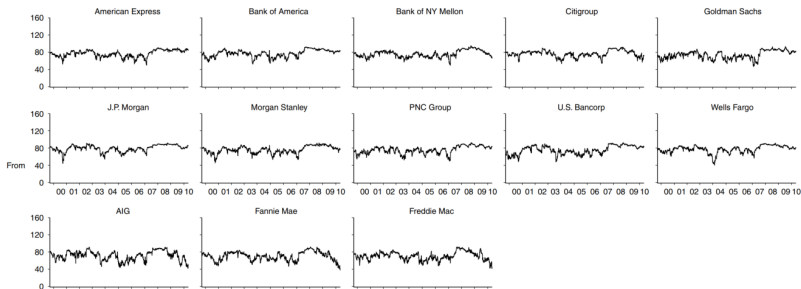
滚窗 $w=100$ 天, $H=12$ 天



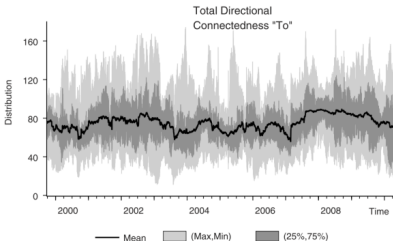
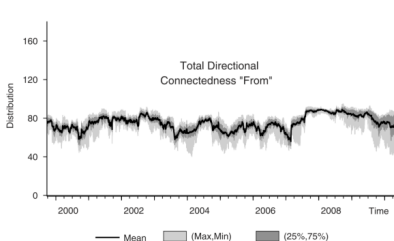
美国金融机构关联性



美国金融机构关联性



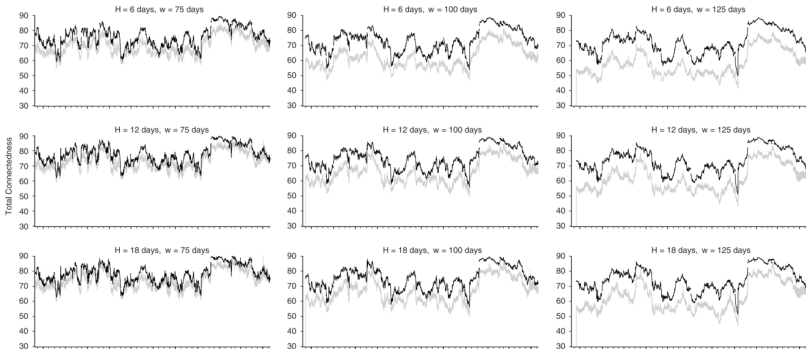
美国金融机构关联性



- 危机期间，"from"（溢回、输入）变得更加分散且左偏：少数公司受影响很小
- 危机期间，"to"（溢出、输出）变得更加右偏：少数公司对其它的影响很大

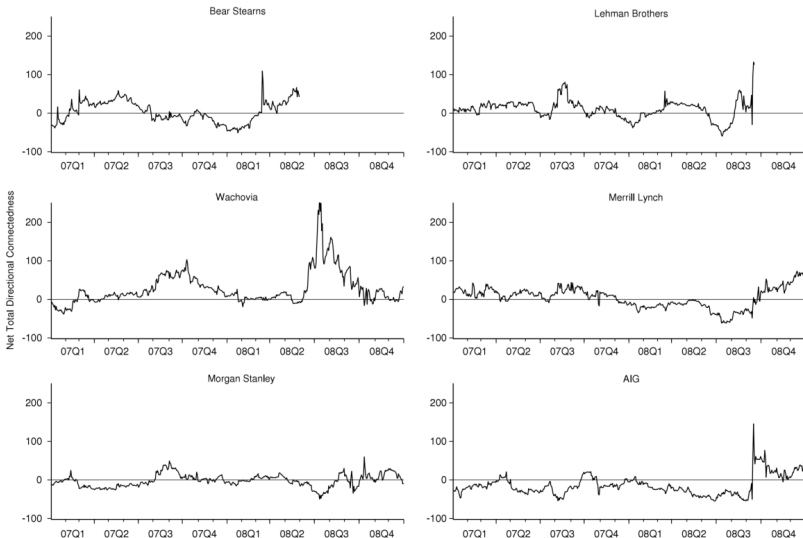
美国金融机构关联性

稳健性: $H=6/12/18$, $w=7/100/125$, 黑色广义, 灰色 Cholesky



美国金融机构关联性

“问题”公司



美国金融机构关联性

“问题”公司

Institution	Ticker	Business	Market Cap. (12/29/2006)	Important events	
Bear Stearns	BSC	Inv Bank	19	Acquired by JPM	3/17/2008
Lehman Brothers	LEH	Inv Bank	41	Bankruptcy	9/15/2008
Merrill Lynch	MER	Inv Bank	82	Acquired by BAC	9/15/2008
Wachovia Bank	WB	Com Bank	115	Acquired by WFC	10/3/2008

(d) Sep. 17, 2008.

总结

- 基于 VAR+ 方差分解构造了含权有向网络，研究了关联性的相关特征
- 解释了关联性与 CoVaR、MES 的关系，可以与压力测试相关联（CoVaR 和 MES 的思想）
- 将经济视角与网络视角相结合，将多元时间序列与网络性质相结合，可以在很多领域得到应用
 - 资产定价：识别系统性风险并定价
 - 投资组合管理：动态评估投资组合的分散程度
 - 政策：哪些银行需要救助、哪些并购可以被批准
 - ...

最新的研究进展

1. 多元时间序列的改进

- (dynamic equicorrelation) DECO-GARCH 模型 (Engle and Kelly, 2012, Journal of Business & Economic Statistics; Kang et al., 2017, Energy Economics)
- LASSO+VAR (高维) (Demirer et al., 2017, Journal of Applied Econometrics)
- TVP-VAR (Nakajima, 2011, Monetary and Economic Studies; Gabauer and Gupta, 2018, Economics Letters)
- FAVAR (因子增广 VAR) (Bernanke et al., 2005, The Quarterly Journal of Economics; Abbate et al., 2016, Journal of Money, Credit and Banking; Kamber and Wong, 2020, Journal of International Economics)

最新的研究进展

2. 风险测度的改进

- CES (Banulescu and Dumitrescu, 2015, Journal of Banking & Finance): 总体期望损失的组成部分

$$CES_{it}(C) = w_{it} \frac{\partial ES_{mt}(C)}{\partial w_{it}} = -w_{it} E_{t-1}(r_{it} | r_{mt} \leq C)$$

- SRISK (Brownlees and Engle, 2017): 考虑金融机构规模以及杠杆倍数对系统性风险的影响

$$SRISK_{it} = W_{it} [k \times LVG_{it} + (1 - k) \times LRMES_{it} - 1]$$

最新的研究进展

3. 指数拓展

- 边际净溢出指数 Marginal Net Risk Spillover, MNRS (Yang and Zhou, 2017, Management Science)

$$MNRS_{t,i \leftarrow j}^H = C_{t,ij}^H - C_{t-1,ij}^H$$

进而可得边际净溢出矩阵，从而计算行和、列和等

- 尾部事件驱动网络分位回归 TENQR (Chen et al., 2019, Journal of Econometrics): 提出的风险结构相似度矩阵，对不同金融市场在风险事件中的共振关系进行刻画

$$\text{CoES}_{ij,t}(\alpha) = E[Y_{i,t} \mid Y_{j,t} < \text{VaR}_{j,t}(\alpha)]$$

$$X_{i,t} = \{\text{CoES}_{ij,t}\}_{j=1,\dots,N}$$

$$\rho_{ij,t} = \frac{X_{i,t}^\top X_{j,t}}{\|X_{i,t}\| \|X_{j,t}\|}$$

新的研究方向

1. 对 VAR 进行改进

- 高维张量自回归 (Wang, 2021, arXiv)
- 非参 VAR (Hardle et al., 1998, Journal of Statistical Planning and Inference)
- ...

2. 基于网络/图的研究

- GNN: 节点特征、结构特征...
- 聚类
- 图的变点分析 (Chen and Zhang, 2015, Annals of Statistics)
- ...

新的研究方向

3. 实际应用

- 国家层面：输入型通胀、输入性风险、国家影响力
 - 指标合理性
 - 影响因素
 - 对经济造成的影响
 - ...
- 行业层面：行业之间的风险传染、行业轮动？
- 公司层面：公司的系统重要性、公司间风险传染（尤其是金融机构）、金融危机预测
- 个人层面：社交网络

研究大纲简述

1. 题目：新冠疫情对全球金融风险溢出网络的影响

2. 研究背景：

- 系统性金融风险往往源自内生或外生于金融系统的事件，典型的内生事件为 2008 年前后的金融危机，具有一定的事前预测性。
- 而外生事件则以自然灾害、公共卫生事件为主，难以预测且影响较大
- 其中又以国际性外生事件为甚，该类事件会造成停工停产与市场恐慌，加剧系统性金融风险。新冠疫情作为国际性重大突发公共卫生事件，引起国际范围的关注，并拥有充足的数据，为研究此类事件提供了一个很好的机会。

研究大纲简述

3. 研究目标：以新冠疫情为例，从疫情严重程度、风险跨国传输路径、影响领域和防控手段等角度入手，研究重大突发公共卫生事件对国际金融风险溢出的影响。

4. 研究方法：

- TVP-VAR+ 广义预测误差方差分解构造国际金融风险溢出网络
- 利用面板数据 + 固定效应模型研究疫情发展进程对国际金融风险溢出网络的影响
 - 疫情感染人数
 - 疫苗接种人数
- 利用分层模型分析各经济体受到异质性影响的成因
 - 政府响应指数（牛津大学）、货币政策独立性、国家发展水平等

研究大纲简述

5. 预期结论

- 疫情感染人数越多，经济体输入、输出性金融风险上升
- 疫苗接种人数越多，经济体输入、输出性金融风险下降
- 政府响应指数越高、货币政策独立性越高、国家发展水平越高，则疫情感染人数对金融风险的负面影响越小，疫苗接种人数对金融风险的正面影响越大