

doi:10.16060/j.cnki.issn2095-8072.2023.05.007

经济政策不确定性与股票市场存在双向溢出效应吗？ ——基于尾部风险网络的视角^{*}

赵霞¹ 李会会²

(1. 上海对外经贸大学统计与信息学院, 上海 201620; 2. 中央财经大学统计与数学学院, 北京 100098)

摘 要: 本文从尾部风险角度, 利用溢出系数网络和 ΔCoVaR 溢出网络研究了全球16个国家(地区)的经济政策不确定性(EPU)与股票市场之间的溢出效应。首先通过系统性风险贡献指数和系统性风险暴露指数分析各节点风险吸收与发散能力, 然后采用平面极大滤波图(PMFG)过滤冗余信息以获得仅保留关键路径的 ΔCoVaR 溢出网络图, 探讨尾部风险溢出的存在性、方向性、强度特征及社群特征问题。研究表明: EPU与股票市场之间存在双向的非对称尾部风险溢出效应, 俄罗斯、印度和中国香港等经济体的外溢冲击更明显; 从溢出系数角度, 股票市场更容易成为风险的溢出者, 而从极端风险溢出值角度, EPU节点的尾部风险传播强度及范围要显著大于股票市场, 更易成为风险集聚点; EPU与股票市场的风险外溢具有社群现象, 社群内存在核心风险源, 比如巴西、俄罗斯、中国香港及印度的EPU等。对中国这一“政策市”而言, 把EPU纳入金融宏观审慎指标评估体系, 多层次、全方位地实时掌握EPU可能带来的风险、风险传播路径及风险来源核心圈等问题具有重要意义。

关键词: 经济政策不确定性; 股票市场; 尾部风险; 溢出效应

中图分类号: F831.5/F832.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095 — 8072(2023)05 — 0092 — 15

一、引言

经济政策不确定性(economic policy uncertainty, EPU)是指政策变动本身的难以预测性、引起政策变动因素的多样性以及其所产生影响的不确定性等(张礼卿和蔡思颖, 2020)。经济全球化和金融一体化程度进一步加深, 各经济体之间的联系日益紧密, 政策变动对经济及金融市场的影响越来越显著, 进而使得跨国跨市场的外溢风险越来越显著(卜林等, 2020; 杨子晖等, 2020; 欧阳艳艳和施养劲, 2021)。近年来, 频发的重大公共危机事件更加剧了这种相互影响。2017年, 我国中央银行召开金融稳定工作会议时提出要将防范跨行业、跨市场的交叉性金融风险作为维护金融稳定

^{*}基金项目: 本文受国家自然科学基金“相依死亡率模型下的家庭最优消费—投资—保险/退休问题”(项目编号: 11971301)、统计与数据科学前沿理论及应用教育部重点实验室开放课题“复杂数据相依网络构建及其在金融资产配置中的应用研究”(项目编号: KLATASDS2210)和上海市哲学社会科学规划基金项目“基于能源金融化视角下的中国原油期货市场价格风险度量、传染及其管理”(项目编号: 2022EJB006)的资助。

的重点领域。探究各经济体EPU与股市之间尾部风险溢出效应不仅有助于防范跨境、交叉性风险外溢,而且有助于识别各经济体的股票市场和EPU在网络系统中的重要性及其风险传播路径、范围和强度等,助力全球金融系统性风险外溢的监测和预防。

EPU与股票市场之间的溢出效应研究,近年来得到诸多学者的关注。陈国进等(2014)通过GARCH模型得到股票市场和EPU之间存在显著的动态相关性及双向波动溢出效应的结论。夏婷和闻岳春(2018)利用混频模型考察了EPU对股市波动的影响,认为EPU是股市波动的因子。Tsai(2017)基于DY溢出指数分析了中国、日本、欧洲和美国的EPU对全球股票市场的风险传染影响,指出中国的EPU影响力最大。王奇珍等(2018)、He et al.(2020)及卜林等(2020)利用DY溢出指数探索了EPU和股票市场间的双向波动溢出效应。Wang et al.(2020)基于溢出指数分析了中美两国EPU与已实现波动率之间的双向溢出关系,并发现中美两国EPU对股市的“不利波动”(bad volatility)有较大的影响。Hung(2021)基于DECO-GARCH模型,从长短期的角度研究了EPU与金砖国家股市之间的溢出效应,发现EPU会受到股票价格波动的短期传递影响。

上述研究主要利用GARCH模型、DY溢出指数或广义方差分解等模型方法进行了分析,但仅关注由波动率引起的风险溢出效应,没有考虑到EPU与股票市场整个系统内部的关联关系。复杂网络方法不仅能从整体上分析系统的关联结构,而且可以同时考虑所有变量之间的线性及非线性交互影响。杨子晖等(2020)选择19个国家(地区),从收益率信息溢出角度构建了全球EPU与金融市场之间的非线性格兰杰因果关联网络,探讨了它们之间的系统性风险传染关系,但格兰杰因果网络仅可以刻画节点间的风险传播方向,却无法传达风险传播的强度信息。Xia et al.(2020)和Geng et al.(2021)基于时频连通网络分析了EPU与股票市场及其他市场在不同频率下的波动溢出效应,分别探究了中国EPU与股票市场、美英两国EPU与股票市场间的波动率带来的风险溢出。综上,已有的研究都没有考虑EPU指数尾部极端风险状况,但实际上尾部极端风险的存在已严重影响了宏观经济、企业投资及股票收益等(谢赤等,2021;马晓文等,2021)。

尾部风险网络是基于尾部风险度量和复杂网络构建的有向加权的溢出网络,以度量节点的风险强度和传导方向,目前主流的方法有Copula函数法、风险-Granger因果检验法及尾部事件网络等。Copula函数法利用Copula尾相依系数刻画金融网络“边”的信息,进而构建尾部风险网络(Wang & Huang, 2020; 王耀东等, 2021; Chen & Nasekin, 2020; Zhang et al., 2020)。风险-Granger因果检验法基于格兰杰因果检验和尾部风险测度构建有向加权的网络(Wang et al., 2017; 杨子晖等, 2019)。尾部事件网络法由Härdle et al.(2016)首次提出,从尾部相依角度出发考察风险溢出效应构建的网络,该方法更关注尾部事件驱动的相互联系。考虑到Adrian & Bruunermeier(2016)提出的条件在险价值(CoVaR)在度量尾部风险上具有有效性和简单性的优势(Xu et al., 2021),黄玮强等(2019)和叶莉等(2019)在Härdle et al.(2016)

的网络构建思想和 ΔCoVaR 基础上构建新的刻画关联关系的尾部风险网络,研究机构之间的尾部风险传染及系统性风险贡献问题。这种方法可以度量节点之间的风险溢出强度、方向及风险传播强度的关联性,更有利于突出风险溢出效应的传播路径与核心节点。

综上,目前关于EPU与股票市场之间溢出效应的研究较为丰富,但是基于复杂网络的相关研究还较少,特别是从EPU尾部极端风险溢出角度的研究还欠缺。因此,本文从尾部风险网络视角,构建EPU指数与股票市场的有向加权溢出网络(溢出系数网络及 ΔCoVaR 溢出网络),探究二者之间极端风险溢出的存在性、方向性、强度及社群特征问题,为危机发生时相关金融风险管理提供决策参考。本文的研究贡献主要体现在:同时考虑到EPU指数和股票市场的尾部极端风险,基于复杂网络方法探讨EPU与股票市场间的双向尾部风险溢出效应,并进一步采用社群识别方法探究EPU与股票市场系统内潜在的风险源和风险传播路径。

二、研究方法步骤

(一) 网络构建

Adrian & Bruunermeier(2016)提出了衡量系统性金融风险大小的指标——CoVaR,在此基础上计算风险溢出值为:

$$\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{j|i} = \text{CoVaR}_{q,t}^{j|i} - \text{CoVaR}_{q,t}^{j|i,median} = \hat{\beta}_q^{j|i} [\text{VaR}_t^i(q) - \text{VaR}_t^i(50\%)] \quad (1)$$

其中, $\hat{\beta}_q^{j|i}$ 为 q 分位数下节点 i 对 j 的溢出系数,表示在不考虑自身风险变化情况下, i 对 j 的风险溢出强度。

参考叶莉等(2019),以 $e_1, e_2, \dots, e_{n_1}$ 表示EPU节点, $r_1, r_2, \dots, r_{n_2}$ 表示股票指数收益率节点, n_1, n_2 分别表示EPU与股票市场节点的个数, ω_{ij} 表示溢出网络边的权重,排除分位数回归系数不显著及自身传染的特点,则邻接矩阵D可以表示为式(2)。本文分别以分位数回归系数 $\hat{\beta}_q^{j|i}$ 及风险溢出值 $\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{j|i}$ 构建溢出系数网络及 ΔCoVaR 溢出网络,即:

(1) 当 $\omega_{ij} = \hat{\beta}_q^{j|i}$ 时,矩阵D表示溢出系数网络的邻接矩阵。

(2) 为确保非负性,将两节点间 ΔCoVaR 均值的绝对值作为节点间溢出强度,所以当 $\omega_{ij} = |\Delta\text{CoVaR}_q^{j|i}|$ 时,矩阵D表示 ΔCoVaR 全连接溢出网络的邻接矩阵。

$$D = \begin{pmatrix} 0 & \omega_{e_2|e_1} & \cdots & \omega_{e_{n_1}|e_1} & \omega_{r_1|e_1} & \cdots & \omega_{r_{n_2}|e_1} \\ \omega_{e_1|e_2} & 0 & \cdots & \omega_{e_{n_1}|e_2} & \omega_{r_1|e_2} & \cdots & \omega_{r_{n_2}|e_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{e_1|e_{n_1}} & \omega_{e_2|e_{n_1}} & \cdots & 0 & \omega_{r_1|e_{n_1}} & \cdots & \omega_{r_{n_2}|e_{n_1}} \\ \omega_{e_1|r_1} & \omega_{e_2|r_1} & \cdots & \omega_{e_{n_1}|r_1} & 0 & \cdots & \omega_{r_{n_2}|r_1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{e_1|r_{n_2}} & \omega_{e_2|r_{n_2}} & \cdots & \omega_{e_{n_1}|r_{n_2}} & \omega_{r_1|r_{n_2}} & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

(二) 溢出系数网络的系统性风险指标

根据Härdle et al.(2016)提出的系统风险贡献指数和系统风险暴露指数,对溢出系数网络进行分析,以识别系统性风险的发散者与吸收者。

(1) 系统风险贡献度指数

$$C^i = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{ji}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \omega_{ji}} VaR^i \quad (3)$$

其值描述了节点*i*对系统整体风险的贡献程度。

(2) 系统风险暴露指数

$$E^i = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \omega_{ij}} VaR^i \quad (4)$$

其值说明了节点*i*在整个系统对风险的吸收强度。

(3) EPU(或股票市场)风险贡献指数

$$C^{e,i} = \frac{n_1 \sum_{j=1}^{n_2} \omega_{eji} e_i}{n \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{rji} e_i} VaR^{e,i} \quad (5)$$

其中, $C^{e,i}$ 表示第*i*国家(地区)的EPU指数对所有国家(地区)EPU的风险传播强度。同理,股市内部对风险的传播强度为:

$$C^{r,i} = \frac{n_2 \sum_{j=1}^{n_1} \omega_{rji} r_i}{n \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{rji} e_i} VaR^{r,i} \quad (6)$$

(4) EPU(或股票市场)风险暴露指数

$$E^{e,i} = \frac{n_1 \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{eji} e_i}{n \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{rji} e_i} VaR^{e,i} \quad (7)$$

其中, $E^{e,i}$ 表示第*i*国家(地区)的EPU指数在所有国家(地区)EPU的风险吸收强度。同理,股市内部对风险的吸收强度为:

$$E^{r,i} = \frac{n_2 \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{rji} r_i}{n \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{i=1}^{n_1} \omega_{rji} e_i} VaR^{r,i} \quad (8)$$

(三) Δ CoVaR 溢出网络的中心性指标

(1) 度中心性

有向图中,度中心性(degree centrality)有出度和入度之分,即:

$$\text{出度: } C_{out}(N_i) = \sum_{j=1}^N x_{i \rightarrow j} \quad (i \neq j) \quad (9)$$

$$\text{入度: } C_{in}(N_i) = \sum_{j=1}^N x_{i \leftarrow j} \quad (i \neq j) \quad (10)$$

(2) 特征向量中心性

特征向量中心性(eigenvector centrality)是一个衡量节点在网络中影响力的度量指标,同时考虑其邻居节点的重要性。假设 $A=(a_{ij})$ 为网络的邻接矩阵,记 x_i 为节点*i*的特征向量中心性值,则:

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j, i, j \in \{1, 2, \dots, 32\} \quad (11)$$

其中, $\lambda (\lambda \neq 0)$ 为邻接矩阵的主特征值。

(四) 实证分析步骤

步骤一：网络的构建。采用分位数回归方法计算尾部风险测度，并以回归系数 β 及回归值 ΔCoVaR 分别构造风险溢出系数网络及 ΔCoVaR 溢出网络。

步骤二：系统风险指数分析。根据溢出系数网络的邻接矩阵计算风险贡献指数与系统风险暴露指数，直接测算各节点对风险的发散和吸收强度。

步骤三：溢出网络分析。使用极大平面滤波图(PMFG)对全连接 ΔCoVaR 网络提取关键信息，得到仅包含关键信息风险溢出网络结构图，并根据网络节点的拓扑指标及结构特征分析EPU和股票市场节点的风险传导路径及溢出强度。

步骤四：社群分析。对PMFG过滤后的 ΔCoVaR 溢出网络进行社区识别，进一步考察EPU与股票市场系统内部的群体关系，通过识别群体内部的核心节点及其邻居节点，判断可能的风险传染路径及传染源。

三、实证结果

(一) 数据来源和预分析

1. 股票数据来源和预分析

本文选取2003年1月至2020年10月的EPU指数与股票收益率的月度数据为研究对象。考虑到各经济体EPU数据区间长度的一致性及可获得性，同时参考杨子晖等(2020)，最终选取16个样本市场及对应的股票指数(见表1)，数据来源于Wind数据库。由ADF检验知序列不满足平稳性，故对其进行对数差分处理，经检验得到平稳序列 $\{r_{it}\}$ ，即 $r_{it} = \log(p_{it}) - \log(p_{i(t-1)})$ ，其中， p_{it} 为股票i在t时刻的收盘价， r_{it} 为股票对数收益率。

对股票数据进行描述性统计分析发现：股票收益率序列的偏度小于0，分布呈左偏趋势，且峰度显著大于3，具有尖峰厚尾的特点，这说明了本文选择分位数回归方法的合理性。由ADF检验可知，各股票收益率序列数据均满足平稳性。

表1 样本市场与股票指数选取结果

编号	国家(地区)	区域	股票指数名称	编号	国家(地区)	区域	股票指数名称
1	中国	亚太	上证综指(SHZ)	9	德国	欧洲	GDAX指数
2	中国香港	亚太	恒生指数(HSI)	10	西班牙	欧洲	IBEX35指数
3	新加坡	亚太	STI指数	11	意大利	欧洲	MIB指数
4	日本	亚太	日经225(N225)	12	英国	欧洲	FTSE100指数
5	印度	亚太	SENSEX30指数	13	瑞典	欧洲	OMXSPI指数
6	澳大利亚	亚太	AORD指数	14	美国	美洲	SPX指数
7	俄罗斯	欧洲	RTS指数	15	加拿大	美洲	GSPTSE指数
8	法国	欧洲	CAC40指数	16	巴西	美洲	IBOVESPA指数

2. EPU 及状态变量数据来源和预分析

关于EPU指标的度量, Baker et al.(2016)基于文本搜索法构建的全球主要经济体的EPU数据,是目前文献中常用的方法。但是他们在构建中国EPU指数时,仅参考了一份香港的《南华早报》,样本选取及代表性方面存在不足,于是Huang & Luk(2020)在Baker et al.(2016)基础上扩大样本量,采用文本分析法构建了中国EPU指数,经检验结果具有稳健性。基于此,本文中国EPU指数参照Huang & Luk(2020),数据来自中国经济政策不确定性网站(<https://economicpolicyuncertaintyinchina.weebly.com/>);其他主要经济体的EPU指数参照Baker et al.(2016),数据来自政策不确定性网站(<http://www.policyuncertainty.com/>)。

本文对 ΔCoVaR 求解时所选择的状态变量为4个宏观经济变量(汇率、进口额、出口额和工业生产指数)和1个全球性EPU指数。全球性EPU指数选自Baker et al.(2016)一文,宏观变量数据来源于Wind数据库。为消除量纲,对状态变量进行标准化处理。

本文对所有EPU指数数据均进行对数差分预处理,经ADF检验知:处理后的各数据均为平稳序列。

(二) 基于溢出系数网络的系统性风险指数分析

根据步骤一,首先以分位数回归系数 β 为尾部风险网络的边权重构建风险溢出系数矩阵,并将回归系数不显著的边权重定义为0,且不考虑自反溢出效应。然后根据步骤二及式(3)~(8),计算系统风险贡献指数和系统风险暴露指数得到各节点的系统性风险指数排名,进而甄别溢出系数网络中的关键节点,具体见表2和表3。

表2 系统风险指数排名结果

排名	系统风险贡献指数	系统风险暴露指数	排名	系统风险贡献指数	系统风险暴露指数
1	R_OMXPI(7.84)	E_Russia(14.09)	17	E_Japan(6.15)	R_RTS(0.36)
2	R_SENSEX30(7.70)	E_HK(8.49)	18	E_Swedish(6.04)	R_SHZ(0.27)
3	R_RTS(7.08)	E_Brazil(8.16)	19	E_Canada(6.00)	R_SENSEX30(0.17)
4	R_CAC40(6.91)	E_Australia(7.04)	20	E_Singapore(5.94)	R_IBOVESPA(0.16)
5	R_N225(6.87)	E_India(6.84)	21	E_Australia(5.93)	R_N225(0.13)
6	R_SPX(6.78)	E_Spain(5.07)	22	E_Italy(5.93)	R_IBEX35(0.12)
7	R_STI(6.69)	E_France(5.07)	23	E_China(5.90)	R_MIB(0.11)
8	R_HSI(6.60)	E_Germany(3.79)	24	E_US(5.89)	R_HSI(0.11)
9	R_GDAX(6.59)	E_Italy(3.53)	25	E_UK(5.83)	R_OMXPI(0.10)
10	R_FTISE100(6.59)	E_US(2.91)	26	E_India(5.79)	R_GDAX(0.09)
11	R_AORD(6.49)	E_UK(2.75)	27	E_France(5.75)	R_STI(0.08)
12	R_GSPTSE(6.39)	E_Canada(2.08)	28	E_Germany(5.72)	R_CAC40(0.07)
13	R_IBEX35(6.34)	E_Japan(1.68)	29	E_Spain(5.72)	R_GSPTSE(0.06)
14	R_IBOVESPA(6.33)	E_China(1.43)	30	E_Brazil(5.66)	R_SPX(0.06)
15	R_MIB(6.23)	E_Singapore(1.12)	31	E_HK(5.64)	R_AORD(0.05)
16	R_SHZ(6.16)	E_Swedish(0.90)	32	E_Russia(5.55)	R_FTISE100(0.05)

注:1.以“E_”和“R_”开头分别表示EPU与股票市场对应的节点;分位数回归中选取的显著性水平为1%。

2.由于计算得到的VaR值都为负值且绝对值很小,参照叶莉等(2019),将表2中的数据取绝对值,且分别对系统性贡献指数和系统性暴露指数扩大1000和100倍,然后按照从大到小排序。

分析表2可以发现：

(1)股票市场节点的尾部极端风险传播能力更强。系统风险贡献指数排名前16位的均是股票市场节点，EPU节点排名相对靠后，但各节点的贡献指数差距不明显。在系统贡献指数中，瑞典(7.84)、印度(7.70)、俄罗斯(7.08)、法国(6.91)及日本(6.87)的股票市场节点排名均位于前列。这说明：危机极易通过这些经济体的股票市场得以快速传播，而EPU的风险传播能力较弱。

(2)EPU节点的尾部风险吸收强度更大。在系统风险暴露指数中，EPU节点排名均在前16位，表现出对风险的吸收状态，且第5位之后的暴露指数明显小于前4位；系统风险暴露指数排名前5位的有：俄罗斯(14.09)、中国香港(8.49)、巴西(8.16)、澳大利亚(7.04)及印度(6.84)。这说明：EPU节点较容易使风险快速积聚，当危机来临时风险极易通过这些经济体EPU的变化得以快速聚集；而且股票市场的风险聚集能力相对较弱。

(3)俄罗斯对尾部风险的发散和吸收能力都表现出较明显的优势。俄罗斯的股票市场和EPU节点的系统贡献指数和暴露指数都位于前列。俄罗斯自然资源丰富，与国际能源市场密切相关，特别是国际原油价格的波动显著影响着俄罗斯金融市场的稳定；同时，在经济一体化背景下其生活工业用品更多依赖于进口，所以其风险传播能力和吸收能力都比较强。

(4)中国内地EPU和股票市场节点的系统风险贡献指数和暴露指数都处于中游位置。说明其风险传播和接受能力都处于中游状态，这与中国内地股票市场的“政策市”特征有关，严格的政策及机制约束会在一定程度上抑制风险的传递，且其监管体系及市场规则与其他市场存在差异，也进一步影响节点的溢出水平。中国香港的系统性风险指数相较于中国内地，排名更靠前，特别是在系统性风险暴露指数中排名第二，这与中国香港作为国际金融中心，金融市场相对更完善且资金流动性更强等因素有极大关系。

由表3可知，所有EPU节点之间的系统风险暴露指数占整个网络系统的97.4%，说明EPU节点在风险吸收强度上的绝对优势，而股票市场节点在系统贡献指数的占比为53.4%，略大于EPU节点，从中可以发现EPU和股票市场之间在风险的溢出上表现出较强的双向溢出效应。

表 3 EPU(或股票市场) 平均系统风险指数结果

行业(市场)	系统风险贡献指数	系统风险暴露指数
EPU	0.466	0.974
股票市场	0.534	0.026

(三) 基于 ΔCoVaR 溢出网络的风险溢出效应分析

本部分首先利用PMFG过滤算法对 ΔCoVaR 全连接网络提取关键信息，将溢出强度不明显的剔除，仅保留呈现关键风险溢出的路径。

1. EPU 与股票市场的 Δ CoVaR 溢出网络结构分析

根据步骤三,使用PMFG算法对全连接网络提取关键信息,将经过PMFG过滤后的 Δ CoVaR矩阵绘制溢出网络结构图(见图1)。其中,节点大小与节点的出度成比例,网络边的粗细刻画节点间溢出强度大小,深蓝、浅蓝及紫色分别代表美洲、欧洲及亚太区域经济体,^①节点的相关参数结果见表4~表6。

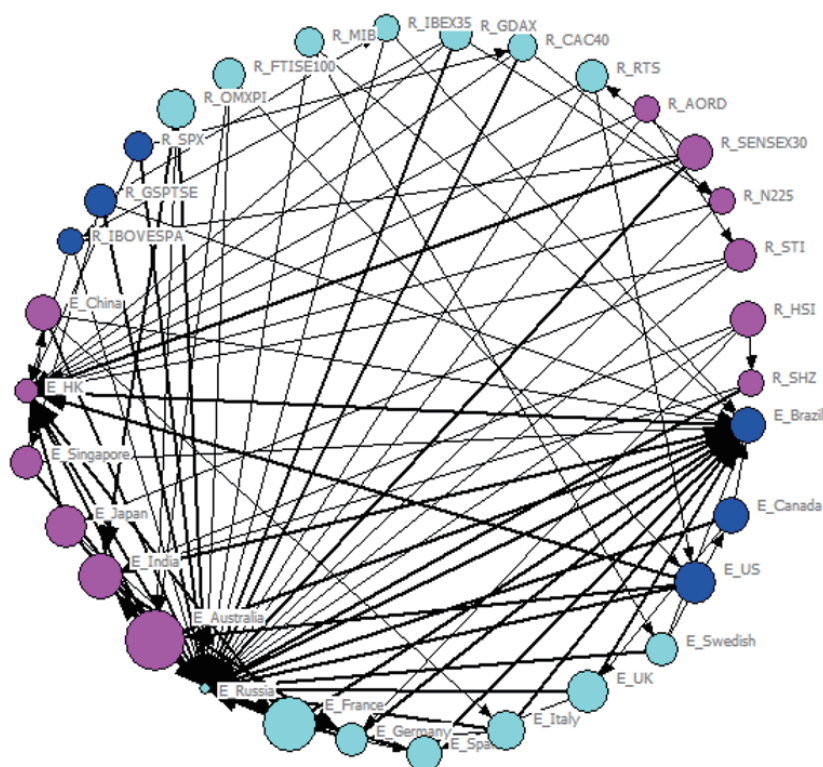


图1 EPU 和股票市场的风险溢出网络

由图1发现:(1)股票市场节点的连边相较于EPU节点更稀疏,说明股票市场与其他节点尾部风险的关联强度较弱,使其在PMFG算法过滤时被剔除。(2)每个节点既是箭头的指向方,也是箭头的指出方,显然在该系统中风险并非是单向流动,而是复杂的双向流动网络,即EPU与股票市场存在双向的尾部风险溢出效应。(3)EPU节点普遍比股票市场的节点大,且EPU节点中箭头指向自身的边居多,而股票市场节点的规律刚好相反。同时,EPU节点相较于股票市场节点更大,且各经济体间的EPU节点大小存在明显差异;而股票市场的节点大小更加均衡,说明了EPU的极端风险存在显著异质性。

具体网络中各节点的度中心性及特征向量中心性指标见表4。

^① 出于纸印版识别考虑,图1中按顺时针方向,R_OMXPI至R_RTS和E_Swedish至E_Russia为浅蓝色节点,代表欧洲经济体;R_AORD至R_SHZ和E_Australia至E_China为紫色节点,代表亚太区域经济体;其余的为深蓝色,代表美洲经济体。

表 4 EPU 与股票市场溢出网络的节点中心性指标分析结果

排名	度中心性指标		特征向量中心性	排名	度中心性指标		特征向量中心性
	出度	入度			出度	入度	
1	E_Australia (9.556)	E_Russia (62.217)	E_Russia (0.547)	17	E_Singapore (4.332)	R_N225 (0.542)	E_Singapore (0.107)
2	E_France (8.148)	E_HK (24.387)	E_HK (0.304)	18	R_GSPTSE (4.214)	E_Swedish (0.538)	R_SENSEX30 (0.107)
3	E_India (6.617)	E_Brazil (25.696)	E_Australia (0.247)	19	E_Germany (4.181)	R_RTS (0.471)	R_RTS (0.102)
4	E_US (5.893)	E_India (7.168)	E_India (0.218)	20	R_GDAX (4.105)	R_SHZ (0.356)	R_GSPTSE (0.102)
5	E_Japan (5.839)	E_Australia (4.744)	E_France (0.192)	21	R_STI (3.963)	R_IBEX35 (0.260)	R_GDAX (0.098)
6	E_UK (5.749)	E_Germany (4.476)	E_Spain (0.163)	22	R_FTISE100 (3.947)	R_STI (0.238)	R_CAC40 (0.096)
7	R_OMXPI (5.611)	E_Spain (3.302)	E_Germany (0.162)	23	R_CAC40 (3.758)	R_CAC40 (0.234)	R_STI (0.091)
8	E_Italy (5.577)	E_US (1.848)	E_US (0.147)	24	R_SPX (3.524)	R_HSI (0.00)	R_HSI (0.090)
9	E_Canada (5.016)	E_France (1.408)	E_UK (0.142)	25	R_MIB (3.508)	R_SENSEX30 (0.00)	R_IBEX35 (0.089)
10	E_Brazil (4.937)	E_UK (1.222)	E_Italy (0.139)	26	R_SHZ (3.194)	R_AORD (0.00)	R_SPX (0.089)
11	E_China (4.737)	E_Italy (1.208)	E_Brazil (0.370)	27	R_N225 (3.190)	R_GDAX (0.00)	R_MIB (0.088)
12	R_SENSEX30 (4.686)	E_Canada (0.915)	E_Japan (0.136)	28	R_AORD (3.178)	R_MIB (0.00)	R_N225 (0.086)
13	R_HSI (4.609)	E_China (0.891)	E_Canada (0.126)	29	R_IBOVESPA (3.081)	R_FTISE100 (0.00)	R_FTISE100 (0.086)
14	E_Spain (4.586)	E_Japan (0.752)	R_OMXPI (0.123)	30	R_IBEX35 (3.049)	R_OMXPI (0.00)	R_IBOVESPA (0.086)
15	R_RTS (4.427)	R_IBOVESPA (0.671)	E_China (0.116)	31	E_HK (2.538)	R_SPX (0.00)	R_AORD (0.080)
16	E_Swedish (4.388)	E_Singapore (0.592)	E_Swedish (0.109)	32	E_Russia (0.00)	R_GSPTSE (0.00)	R_SHZ (0.082)

注：以“E_”和“R_”开头分别表示EPU与股票市场对应的节点，括号内的值为中心性指标对应的取值。

节点的出度和入度刻画了节点在风险传递中的作用和重要性,特征向量中心性不仅考虑了自身节点对风险的传染,同时也将其邻居节点的重要性关联关系考虑在内,在一定程度上刻画了风险的传播范围。结合表4的结果,可以发现:

(1)EPU节点的度中心性和特征向量中心性更占据优势。以上三种中心性指标中排名前5位的节点均是EPU节点,说明EPU节点在风险传播强度、范围即中心化程度上都处于较高水平,这与系统风险贡献指数和系统风险暴露指数的结果有所不同。原因在于:股票市场节点与其他节点间尾部风险的关联性不突出,在 Δ CoVaR溢出网络中经由PMFG算法将部分表现较弱的边剔除,且风险贡献指数中股票市场和EPU节点的取值本就较为接近。经济政策的宏观调控对本国及他国的资本市场、货币市场及外汇市场等均有明显的外溢冲击,EPU在其与股市之间风险传导中扮演着越来越重要的角色。

(2)发达国家或地区的风险发散能力更强,但有些发展中国家或地区也会同时存在较大的风险发散及吸收能力,如俄罗斯和印度。这说明影响节点溢出强度的因素是多元的。俄罗斯虽然是发展中国家,但是其具有较高的国际地位,拥有丰富的石油和天然气能源;而印度具有得天独厚的地理位置,地处印度洋航线的中间,是南亚影响最大的国家。澳大利亚、法国、印度、美国及日本的EPU对风险的溢出最大,俄罗斯、中国香港、巴西、印度及澳大利亚的EPU对风险的吸收能力最强,俄罗斯、中国香港、澳大利亚、印度及法国的EPU风险传播范围更大且具有更重要的地位。

(3)比较表2和表4可以发现:系统性暴露指数排名与 Δ CoVaR溢出网络节点的入度排名几乎一致,说明吸收能力强的节点同时具备较大的入度,即在危机来临时,排名靠前的节点更能使风险快速聚集,进而可能引发整个网络系统的危机。但是,系统性风险贡献指数排名靠前的节点与 Δ CoVaR溢出网络出度结果有较大出入,可能的原因是:PMFG过滤使得连接强度较弱的连边删除,导致关键性节点的排名变化。

为了综合分析不同区域内EPU与股票市场对风险的总体表现,进一步对表4数据进行分区域整理,得到表5和表6。

表 5 不同区域下 EPU 与股票市场的节点中心性结果

地区	市场	出度	入度	特征向量中心性
亚太	EPU	33.619	38.534	1.128
	股票市场	22.820	1.136	0.536
欧洲	EPU	32.629	74.371	1.454
	股票市场	28.405	0.965	0.682
美洲	EPU	15.846	28.459	0.643
	股票市场	10.819	0.671	0.277

表 6 全球 EPU 与股票市场总特征结果

名称	出度	入度	特征向量中心性
EPU	82.094	141.364	3.225
股票市场	62.044	2.772	1.495

分析表5和表6，可以得出如下结论：

(1)在表5每个区域内，EPU尾部风险的传播强度及范围都展现出较强的能力，特别是风险的吸收能力，EPU节点远超股票市场节点，这是因为EPU节点不仅会受到股票市场的风险外溢冲击，同时其他经济体的政策变动、宏观调整也会造成一国政策的不确定性增强。

(2)在表6的总体表现中，EPU的出度、入度及特征向量中心性均大于股票市场，说明在整个系统中EPU节点的尾部风险传播强度、传播范围及中心化程度均强于股票市场。

(3)横向观察表5和表6中EPU与股票市场各自的出度与入度取值之差，可以发现：EPU整体扮演着风险吸收者角色，而股票市场扮演着风险发散者角色。EPU的特征向量中心性指标显著大于股票市场，表示EPU节点在网络系统中占据重要位置，具有更大的风险传播范围。极端事件发生时，政策在其中起着重要的平衡作用，突增的EPU对经济及股市波动带来冲击，同时，政策调整也有利于股票市场回归正常。

2. 社群分析

根据步骤四，考虑到溢出效应归根结底源于各节点之间的某种相关性联系，选用随机游走、自旋玻璃及中间中心度三种不同社群模型探究EPU与股票市场溢出网络的社区结构，采用基于模块化比率的ratio热图及模块化Q指标对社群效果对比评价，分析各经济体的紧密度及层次划分，为精准风险监测提供思路。随机游走、自旋玻璃和中间中心度这三种不同社群模型的模块化Q指标分别为0.283、0.294和0.286，三种模型下的社群划分情况及对应ratio热图结果见图2~图4。

由模块化Q指标值可以发现：相比随机游走模型，中间中心度模型和自旋玻璃模型的分群效果更优，其中自旋玻璃模型的表现最优。自旋玻璃模型将所有网络节点分为三个社群，包含两个EPU节点社群和一个股票市场社群，观察三个社群内节点的分布情况，可以发现：

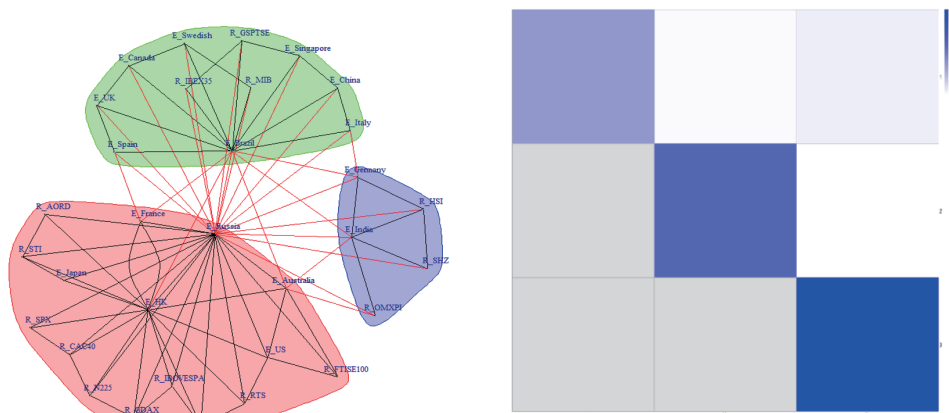


图2 随机游走模型的社区划分及 ratio 热图

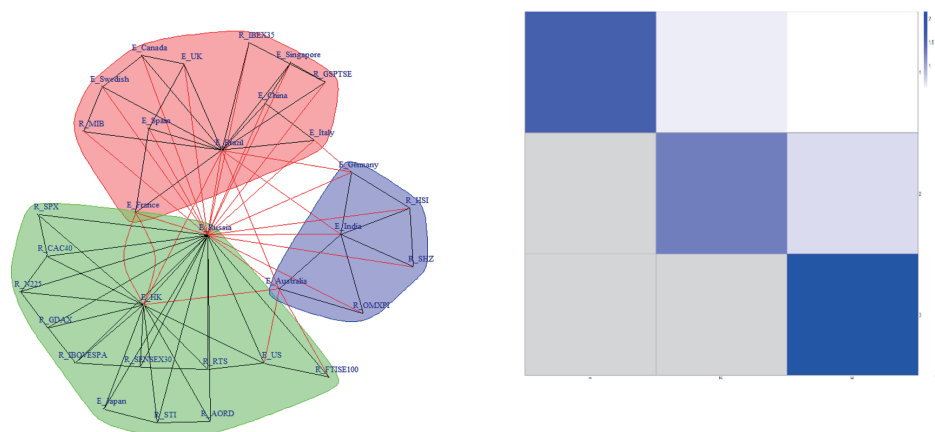


图3 自旋玻璃模型的社区划分及 ratio 热图

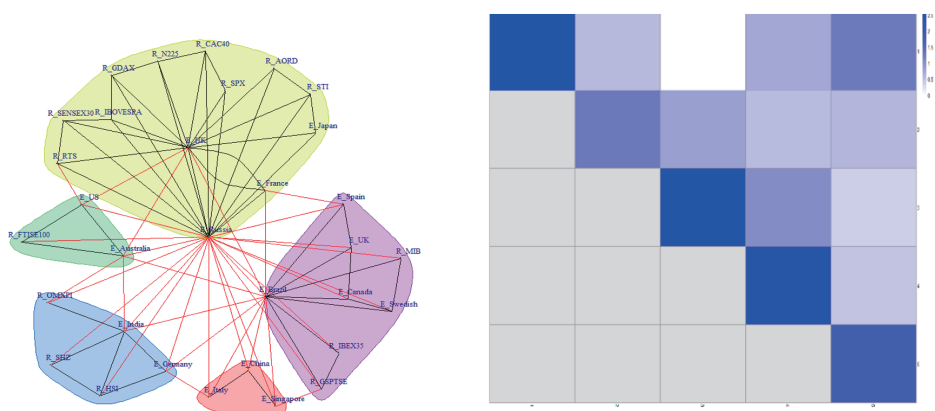


图4 中间中心度模型的社区划分及 ratio 热图

(1)节点所属区域与是否发达经济体无明显关系,但每个社群内均存在类似“聚类中心”的节点,如“E_Brazil”“E_Russia”“E_HK”及“E_India”。这说明各经济体之间尾部风险关联性存在差异,依赖性较强的经济体,在系统中风险传导里扮演重要角色。比如:巴西与俄罗斯是输出型的资源型经济体,中国香港是国际贸易枢纽,它们的EPU不仅在社群内是关键节点,与其他社群的节点也保持着密切联系;而印度仅在社群内处于中心位置,对其他社群节点的关联性较弱。

(2)社群分析可以刻画出EPU和股票市场网络的异质性,即同类节点更容易出现在同一群体内部,所谓“物以类聚”,但跨社群的溢出也不能忽视,如巴西和俄罗斯的EPU节点,虽然它们属于不同社群,但其存在大量跨社群的连边(即彩图中红色的连边),因此,这类节点更容易造成较大范围的风险外溢和冲击。

四、结论与建议

本文从尾部风险网络角度,基于分位回归系数与尾部风险测度值分别构建了溢

出系数网络和 Δ CoVaR 溢出网络, 考察全球 EPU 和股票市场的双向溢出效应, 并进一步分析节点之间溢出效应的社群关系。本文研究发现: (1) EPU 和股票市场存在显著的非对称双向尾部风险溢出效应, 且 EPU 节点对风险的传播范围及强度大于股票市场。在网络系统中, 关键性节点多是一些经济体的 EPU, 如 “E_Brazil” “E_Russia” “E_HK” 及 “E_India” 等。(2) 在溢出系数网络中, EPU 节点更易成为尾部风险的承担者, 而股票市场表现为显著的风险传播来源; 而在 Δ CoVaR 溢出网络中, EPU 在风险传播及风险承担上具有更显著的表现, 且各经济体 EPU 节点的溢出存在显著的异质性, 说明了 EPU 在金融市场风险传染过程中具有不可忽视的作用, 且其风险溢出的强度很可能会强于股票市场。(3) 全球 EPU 和股票市场网络系统存在社群 “聚类” 现象, 每个类内部均依靠 “聚类中心” 连接成 “牵一发而动全身” 的密切整体, 这些聚类中心实质上正是极易产生风险发散的风险源, 通过分层次、分区域方式可以为精准风险防控提供思路。

基于上述分析及结论, 本文提出如下政策建议:

(1) 鉴于 EPU 与股票市场之间存在双向溢出效应, 对我国这一 “政策市” 而言, 需要更加关注各国之间的经济往来、政策变化及金融市场变动, 特别是澳大利亚、法国、印度、美国等风险溢出较高的经济体和俄罗斯、澳大利亚等风险传播范围广且风险吸收强的经济体。保持政策的透明性、连贯性及持续性, 可以一定程度上避免由政策发布实施引起的危机。

(2) EPU 尾部风险的跨国影响越来越显著, 特别是俄罗斯、巴西、中国香港及澳大利亚等经济体。对所有经济体而言, 在稳定金融市场与经济发展上, EPU 都是重要的因素, 所以政府不仅要多层次、全方位监控风险, 而且更应了解其根源, 以防患于未然。同时, 建议将 EPU 纳入我国宏观审慎防控指标体系中, 以进一步监督系统性风险的传播路径, 做到更精准的风险预测及防控。

(3) EPU 及股票市场节点之间存在社群现象, 说明风险溢出网络中存在显著的风险核心, 亦即存在风险传播源或风险聚集点, 且不同风险网络的结果存在差异。因此, 在风险管控中, 需考虑不同风险类型带来的影响。具体的风险防控策略可针对不同风险类型、不同地区、不同时期进行动态风险评估, 及时识别重要性风险节点, 了解其 “风险圈”, 有的放矢地分层次进行风险监控, 有效监控风险外溢。

参考文献

- [1] 卜林, 孙丽玲, 李政. 地缘政治风险、经济政策不确定性与股票市场波动[J]. 南开经济研究, 2020(5): 185-205.
- [2] 陈国进, 张润泽, 姚莲莲. 政策不确定性与股票市场波动溢出效应[J]. 金融经济研究, 2014(5): 70-78+99.
- [3] 黄玮强, 郭慧敏, 姚爽. 尾部风险网络视角下的金融机构系统性风险贡献研究[J]. 运筹与管理, 2019(3): 118-126.
- [4] 马晓文, 郭文伟, 沈明浩. 新冠肺炎疫情冲击下全球资本市场波动溢出风险及其连通网络研究[J]. 金融理论与实践, 2021(11): 22-40.
- [5] 欧阳艳艳, 施养劲. 内外部经济政策不确定性与企业对外直接投资: 风险规避还是出口抑制? [J]. 上海对

- 外经贸大学学报,2021(6):71-86.
- [6] 王奇珍,王玉东.国际油价、美国经济不确定性和中国股市的波动溢出效应研究[J].中国管理科学,2018(11):50-61.
- [7] 王耀东,冯燕,周桦.保险业在金融系统性风险传染路径中起到“媒介”作用吗?——基于金融市场尾部风险传染路径的实证分析[J].中国管理科学,2021(5):14-24.
- [8] 夏婷,闻岳春.经济不确定性是股市波动的因子吗?——基于GARCH-MIDAS模型的分析[J].中国管理科学,2018(12):1-11.
- [9] 谢赤,莫廷程,李可隆.重大突发事件背景下金融行业间极端风险相依和风险溢出研究[J].财经理论与实践,2021(3):2-10.
- [10] 杨子晖,陈里璇,陈雨恬.经济政策不确定性与系统性金融风险的跨市场传染——基于非线性网络关联的研究[J].经济研究, 2020(1):65-81.
- [11] 叶莉,王远哲,陈勇勇.基于尾部风险关联网络的中国金融机构间风险溢出效应研究[J].统计与信息论坛,2019(3):54-63.
- [12] 张礼卿,蔡思颖.经济政策不确定性的影响及其跨国传导机制:文献综述[J].金融评论,2020(3):105-123+126.
- [13] Adrian, T., M. K. Brunnermeier, “CoVaR”, *American Economic Review*, 2016,106(7): 1705-1714.
- [14] Baker, S. R., N. Bloom, S. J. Davis, “Measuring Economic Policy Uncertainty”, *The Quarterly Journal of Economics*, 2016, 131(4):1593-1636.
- [15] Chen, C. Y., H. S. Nasekin, “Quantifying Systemic Risk with Factor Copulas”, *The European Journal of Finance*, 2020, 26(18): 1926-1947.
- [16] Geng, J. B., F. R. Chen et al., “Network Connectedness between Natural Gas Markets, Uncertainty and Stock Markets”, *Energy Economics*, 2021, 95:105001.
- [17] Härdle, W. K., W. Wang, L. Yu, “TENET: Tail-Event Driven Network Risk”, *Journal of Econometrics*, 2016,192(2)499-513.
- [18] He, F., Z. Wang, L. B. Yin, “Asymmetric Volatility Spillovers between International Economic Policy Uncertainty and the U.S. Stock Market”, *North American Journal of Economics and Finance*, 2020, 51: 101084.
- [19] Huang, Y., P. Luk, “Measuring Economic Policy Uncertainty in China”, *China Economic Review*, 2020,59:101367.
- [20] Hung, N T., “Directional Spillover Effects between BRICS Stock Markets and Economic Policy Uncertainty”, *Asia-Pacific Financial Markets*, 2021, 28(3):429-448.
- [21] Tsai, I. C., “The Source of Global Stock Market Risk: A Viewpoint of Economic Policy Uncertainty”, *Economic Modelling*, 2016, 60: 122-131.
- [22] Tumminello, M., T. Aste et al., “A Tool for Filtering Information in Complex Systems”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, 102(30):10421-10426.
- [23] Wang, D., W. Q. Huang, “Centrality-Based Measures of Financial Institutions’ Systemic Importance: A Tail Dependence Network View”, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2021,526:125345.
- [24] Wang, G. J., C. Xie et al., “Extreme Risk Spillover Network: Application to Financial Institutions”, *Quantitative Finance*, 2017,17(9):1417-1433.
- [25] Wang, Z., Y. Li, F. He, “Asymmetric Volatility Spillovers between Economic Policy Uncertainty and Stock Markets: Evidence from China”, *Research in International Business and Finance*, 2020, 52: 101233.
- [26] Xia, T., C. X. Yao, J. B. Geng, “Dynamic and Frequency-Domain Spillover among Economic Policy Uncertainty, Stock and Housing Markets in China”, *International Review of Financial Analysis*, 2020,67:101427.

- [27] Xu, Q., Jin B., C. Jiang, “Measuring Systemic Risk of the Chinese Banking Industry: A Wavelet-based Quantile Regression Approach”, *North American Journal of Economics and Finance*, 2021, 55: 101354.
- [28] Zhang, Z. W., D. Y. Zhang et al., “Systemic Risk in the Chinese Financial System: A Copula-Based Network Approach”, *International Journal of Finance & Economics*, 2020, 26(2): 2044–2063.

【作者简介】赵 霞：上海对外经贸大学统计与信息学院教授，理学博士，应用经济学博士后，博士生导师。研究方向：金融统计、风险管理与精算。

李会会：中央财经大学统计与数学学院，博士研究生。研究方向：金融统计与风险管理。

Is There the Two-way Spillover Effect between Economic Policy Uncertainty and Stock Market?——From the Perspective of Tail Risk Network

ZHAO Xia¹ & LI Hui-hui²

(1.School of Statistics and Information, Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620, China; 2.School of Statistics and Mathematics, Central University of Finance and Economics, Beijing 100098, China)

Abstract: From the perspective of tail risk, this paper examines the spillover effects between economic policy uncertainty (EPU) and stock markets in 16 countries (regions) by employing the spillover-coefficient network and ΔCoVaR spillover network. Firstly, the risk absorption and diffusion capabilities of each node are analyzed through the systematic risk contribution index and systematic risk exposure index. Then, the Planar Maximally Filtered Graph (PMFG) is used to filter redundant information and obtain the ΔCoVaR spillover network that retains only the critical paths. Lastly, the study explores the existence, direction, strength and community characteristics of tail risk spillover. The findings indicate that there is a bi-directional and asymmetric tail risk spillover effect between global EPU and stock markets, with more pronounced outward shocks in economies such as Russia, India, and Hong Kong SAR of China. From the perspective of spillover coefficient, stock markets are more likely to be the risk-spillover. However, in terms of extreme risk spillover values, the intensity and scope of tail risk transmission of EPU nodes are significantly greater than those of the stock market, making them more susceptible to risk accumulation. The spillover between EPU and stock market exhibits a community phenomenon, with core risk sources within the community, such as the EPU of Brazil, Russia, Hong Kong SAR of China, and India. For the “policy market” in China, it is of great significant to include the economic policy uncertainty (EPU) in the assessment system of financial Macro-prudential indicator. This enables a multi-level and comprehensive real-time understanding of the risks, risk transmission paths, and core sources of risks that may be brought by EPU.

Keywords: economic policy uncertainty; stock market; tail risk; spillover effects

(责任编辑：吴素梅)