

基于行业关联网络的中国系统性风险监控防范研究*

李 政 刘浩杰 袁晨曦

内容摘要：本文从行业关联网络视角出发，以中国经济领域中各行业为研究对象，采用基于 QVAR 模型的溢出指数，捕捉不同冲击规模及方向下的行业间溢出效应，并提出相对溢出指数，考察从正常状态到极端状态下行业间溢出水平及结构变化。研究发现：第一，基于 QVAR 模型的溢出指数能够较好地捕捉不同冲击规模及方向下行业间的溢出效应，基于条件均值的溢出指数可能错判行业间真实的溢出水平。第二，行业间溢出效应在极端上升和下降状态下呈现非对称性，左尾的总溢出、十个行业的溢入均高于右尾。第三，与正常状态相比，两种极端状态下金融、房地产、能源、医疗保健四个行业的方向性溢出水平显著上升，并且金融的溢入、溢出水平上升幅度最高。第四，在极端上升和下降状态下，金融对医疗保健的定向溢出水平上升幅度最高。

关键词：系统性风险 行业关联 基于 QVAR 模型的溢出指数 极端状态

中图分类号：F832 **文献标识码：**A

引 言

党的十九大报告提出，健全金融监管体系，守住不发生系统性金融风险的底线。2017 年中央经济工作会议将“防范化解重大风险”列为三大攻坚战之首，并明确“重点是防控金融风险”。然而，系统性风险虽表现在金融领域，但其源头可能来自实体经济。在多元化经营背景下，行业间的业务往来、资金借贷愈发频繁，交叉融合程度不断提高，整个经济体系逐渐呈现越来越明显的网络关联特征。这种行业间关联网络一方面使得经济体系的资源配置效率更高；另一方面，也为风险跨行业传递提供了便利。单一行业的局部风险将迅速沿着行业间关联网络传递扩散，进而演变成系统性风险，对金融稳定和经济运行产生负面冲击。因此，系统性风险的应对不仅需要加强金融领域的风险防范，更重要的是从经济金融系统全局来考察风险的传递与扩散。基于行业关联网络视角，对中国行业间的溢出水平及方向进行评估和识别，将有助于明确各个行业在系统性风险生成与传递中扮演的角色和地位，提高宏观审慎监管的效率和效果。与此同时，中国人民银行在 2020 年金融稳定工

作者简介：李政，经济学博士，天津财经大学金融学院、金融科技与风险管理实验室教授；刘浩杰（通讯作者），天津财经大学金融学院博士研究生；袁晨曦，天津财经大学金融学院硕士研究生。

* **基金项目：**本文获国家社会科学基金青年项目“基于经济金融关联网络的中国系统性风险监控预警研究”（21CJY046）资助。

作电视电话会议中要求“加强金融风险监测评估，关注金融风险边际变化”。因此，监测和防范系统性风险不应局限于正常状态下行业间溢出水平的高低，更要关注极端状态下溢出效应的突变。研究极端状态下行业间的溢出水平及方向，考察从正常状态到极端状态下溢出效应的变化，对于中国防范化解系统性风险，提高监管政策的前瞻性、针对性、有效性具有重要的学术价值和现实意义。

现有文献在测度中国行业间溢出效应时，广泛使用基于 VAR 模型的溢出指数方法 (Diebold & Yilmaz, 2014)。然而，VAR 模型依赖的是条件均值估计，基于 VAR 模型的溢出指数仅能测度正常状态下的溢出水平。但是，系统性冲击不一定等同于平均冲击，考虑到冲击具有大小和正负之分，基于条件均值的溢出指数极易忽略和低估极端正向或负向冲击的影响 (Balcilar et al., 2021; Bouri et al., 2021; Chatziantoniou et al., 2021; Saeed et al., 2021)，使得度量结果失准，无益于监管机构准确把握极端风险传递水平和方向，防范化解系统性风险。鉴于此，本文采用基于分位数向量自回归 (QVAR) 模型的溢出指数，捕捉不同冲击规模及方向下的行业间溢出效应，并提出相对溢出指数，考察从正常状态到极端状态下行业间溢出水平及结构的变化，为监管机构准确判断系统性风险的真实水平，确定系统性风险防范的重点提供依据。

与既有文献相比，本文的边际贡献为：第一，区别于已有研究局限于金融体系内部甚至其中的某一局部，本文将金融作为整个经济金融系统的一个行业，构建中国行业间关联网络，立足于全局视角，探讨各个行业在系统性风险生成与传递过程中扮演的角色和地位。第二，将 QVAR 模型与溢出指数方法相结合，扩展了基于条件均值的溢出指数，能够考察不同冲击规模及方向下的行业间溢出效应，揭示不同状态下的行业间关联关系。第三，借鉴 ΔCoVaR 的构建思路，提出相对溢出指数，考察从正常状态到极端状态下行业间溢出效应的变化，识别极端状态下溢出突变的行业，为监管机构确定系统性风险防范的重点提供依据。

一、文献评述和理论分析

(一) 文献评述

目前，从“关联”角度切入，对系统性风险进行度量、监测研究已然成为学术界的主流，而且将尾部依赖、相关性和联合违约等方法与网络视角相结合，可以捕捉金融机构间风险传递及溢出的网络效应，识别风险传递的路径结构 (李政等, 2019)。第一，将 CoVaR 等尾部依赖方法与网络视角相结合，可以构建金融机构的尾部风险网络，将单个机构与金融系统尾部依赖的“黑箱”打开，给出金融机构间的尾部依赖结构，捕捉机构间风险溢出的网络效应。第二，将测度金融机构相关性的主成分和相关系数等方法与网络视角相结合，可以构建金融机构在均值或者波动层面的信息溢出网络，不仅能够测度金融机构总体的关联水平，而且可以给出信息溢出的方向与路径，度量单个机构的关联水平。第三，基于极值理论和 Copula 函数的 SCCA 等联合违约方法仅是度量联合违约的结果，未考虑破产违约风险在机构间传染的机制渠道、路径结构，基于经营业务数据的直接关联网络和间接关联网络模型恰好打通了其中的关节。因此，基于网络视角对系统性风险进行度量、监测研究已经成为该领域重要的发展方向。

国内学者积极引入上述国际前沿方法与技术，对中国系统性风险进行度量监测研究，取得了一系列的研究成果，为相关监管工作的开展做出了积极贡献。第一，基于尾部依赖视角，国内学者采用 CoVaR、MES、SRISK 等方法，测度中国金融机构尤其是银行机构的系统性风险水平，评估单个机构的系统重要性 (杨子晖等, 2018)，并通过微观面板回归分析考察影响金融机构系统性风险的因素 (涂晓枫和李政, 2016)。第二，基于联合违约视角，国内学者主要采用 SCCA 方法对中国上市银行的联合违约风险以及系统性风险水平进行度量评估 (李志辉等, 2016)。第三，为了对金融机构间

的风险传染进行考察分析，基于银行经营业务数据的直接关联网络模型最先被应用于相关研究中（马君潞等，2007）。随着研究的逐步深入，持有共同资产的间接关联网络模型也得到学者们的重视（方意和黄丽灵，2019）。第四，将金融计量方法与网络模型相结合，利用金融市场数据构建金融机构间的关联网络逐渐受到国内学者的重视，新的研究成果不断涌现（蒋海和张锦意，2018；李政等，2019）。除了度量监测系统性风险，系统性风险对宏观经济的影响也得到学术界的关注（欧阳资生等，2019；刘晓星等，2021）。此外，还有学者基于行业关联视角对中国系统性风险进行了度量监测研究（翟永会，2019；李政等，2020）。

然而，从研究视角来看，上述大部分文献对中国系统性风险的度量防范研究均局限于金融体系内部甚至其中的某一局部，只盯住金融体系度量监测系统性风险，缺乏全局性，不仅可能错判系统性风险的真实水平，而且可能盯错系统性风险防范的重点。一方面，系统性风险生成的来源有三个：一是实体经济部门周期性或者结构性变化对金融体系产生的冲击，即实体经济部门积聚的风险；二是金融体系内部演化和逐步积累的风险；三是中国经济金融体系之外的国际风险溢出。将研究视角局限于金融体系内部，有可能忽视第一种和第三种风险来源。另一方面，系统性风险的传染放大渠道除了金融体系内的直接关联、间接关联和信息关联，金融体系与实体经济之间还存在复杂的双向反馈放大机制。实体经济部门积聚的风险会对金融体系产生冲击，金融体系还通过金融加速器效应加剧风险在金融体系与实体经济间的传递扩散，而且系统性风险的爆发必将对实体经济产生严重损害。将研究视角局限于金融体系内部只能关注到风险在金融体系内的传染放大，难以捕捉风险在金融体系与实体经济之间的双向反馈放大效应。

鉴于此，本文将金融作为整个经济金融系统的一个行业，构建中国行业间关联网络，对各个行业在整个网络中的角色和地位进行准确定位，并重点关注从正常状态到极端状态下行业间溢出效应的变化，从而为监管机构准确判断系统性风险的真实水平、确定系统性风险防范的重点提供依据。

（二）行业间关联渠道的理论分析

行业间关联是风险传递和扩散的基础。随着市场经济的深入发展，各行业通过产业链、资金链等形成错综复杂的关联关系，使得单个行业的局部风险在行业间传递扩散，最终导致系统性风险的发生。当前，行业间关联渠道主要包括直接关联、间接关联和信息关联^①。

1. 直接关联渠道

行业间直接关联主要指上下游行业间存在着产品贸易、资金借贷等直接业务联系。主要包括：第一，产业链关联。市场经济发展使得行业之间分工更加细化，在社会生产和流通过程中，两个行业之间存在着直接提供和被提供产品、技术、服务等业务方面的联系，从而形成了行业间的产业链关联。第二，投资关联。在多元化投资趋势下，部分行业主体通过资本投资实现对其他行业的参股或控股，交叉持股网络的形成使得不同行业之间存在着投资关联。第三，信用关联。优序融资理论认为，内部融资比外部融资成本更低，由于上下游行业间业务往来频繁、信息不对称程度较低，基于物流与资金流等方式的相互信用支持在降低营运成本、缓解资金压力的同时，也促进了行业间关联度的提升。

2. 间接关联渠道

间接关联主要指，由基本面关联和共同债权、债务关联等形成的共同敞口。第一，基本面关联。市场环境、宏观经济政策和自然灾害等基本面因素冲击将对所有行业产生不同程度的影响，各行业由于受到共同冲击将发生协同运动，促使行业间关联度上升。第二，共同债权、债务关联。行

^①乔海曙等（2016）将行业关联机制分为理性因素和非理性因素，理性因素包括产业关联和宏观经济政策共同冲击，前者属于直接关联渠道，后者属于间接关联渠道，非理性因素则是信息关联渠道。本文的直接、间接和信息关联渠道与已有研究的划分具有内在一致性，并且更为全面。

业间借贷是行业主体融通资金的来源之一，由于借贷关系的存在，无直接关联的行业可能因为存在共同的债权或债务而产生间接联系，一旦发生债务违约，违约风险将通过债权、债务链条产生连锁反应，引发行业间风险“共振”。

3.信息关联渠道

直接关联和间接关联都属于实际关联，均基于行业的实际业务而形成，但是风险还会通过羊群效应、恐慌心理等因素在行业间传递扩散。根据信息不对称理论，“黑天鹅”极端事件发生会对行业主体心理预期形成较大的负面冲击，导致行业主体出现信心匮乏、悲观情绪蔓延等情况，引发恐慌和非理性行为，行业间关联水平大幅提升，溢出效应加剧。因此，信息关联表示实际关联以外的纯传染效应。

综上所述，行业间关联渠道既包括直接的业务关联和间接的共同敞口，也包括信息关联，三者共同作用会显著加大风险在行业间的传递速度与扩散范围。

二、研究方法和样本说明

(一) 研究方法

本文将 QVAR 模型与溢出指数方法相结合，构建基于 QVAR 模型的溢出指数，考察不同状态下的行业间溢出效应。其中，以条件中位数表示正常状态，以 0.01 条件分位数表示极端下降状态，以 0.99 条件分位数表示极端上升状态。

对于 n 维 p 阶的 QVAR 模型：

$$y_t = c(\tau) + \sum_{i=1}^p B_i(\tau)y_{t-i} + \varepsilon_t(\tau), \quad t=1, \dots, T \quad (1)$$

其中， y_t 为 N 维内生列向量，代表 N 个行业的收益率； $c(\tau)$ 和 $\varepsilon_t(\tau)$ 分别为条件分位数 τ 下的 N 维截距项和残差项； $B_i(\tau)$ 为条件分位数 τ 下的 $N \times N$ 维系数矩阵。

式 (1) 的 QVAR 模型可表示为无穷阶向量移动平均过程：

$$y_t = \mu(\tau) + \sum_{s=0}^{\infty} A_s(\tau)\varepsilon_{t-s}(\tau), \quad t=1, \dots, T \quad (2)$$

其中， $\mu(\tau) = [I_n - B_1(\tau) - \dots - B_p(\tau)]^{-1}c(\tau)$ ， $A_s(\tau) = \begin{cases} 0, & s < 0; I_n, & s = 0 \\ B_1(\tau)A_{s-1}(\tau) + \dots + B_p(\tau)A_{s-p}(\tau), & s > 0 \end{cases}$

在广义预测误差方差分解下，行业 i 的 H 步预测误差方差中由行业 j 的新息解释的比例为：

$$\theta_{ij}^H(\tau) = \frac{\sigma(\tau)_{jj}^{-1} \sum_{s=0}^{H-1} [e_i' A_s(\tau) \Sigma(\tau) e_i]^2}{\sum_{s=0}^{H-1} [e_i' A_s(\tau) \Sigma(\tau) A_s(\tau) e_i]} \quad (3)$$

由于在广义预测误差方差分解下所有内生变量的贡献度加总不为 1，即 $\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^H(\tau) \neq 1$ ，在此通过行加总的方式进行标准化处理：

$$SI_{ij}(\tau) \equiv \tilde{\theta}_{ij}^H(\tau) = \frac{\theta_{ij}^H(\tau)}{\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^H(\tau)} \quad (4)$$

$SI_{ij}(\tau)$ 衡量在条件分位数 τ 下行业 j 对行业 i 的溢出水平，基于 $SI_{ij}(\tau)$ 可以构建总溢出指数和方向性溢出指数。

不同条件分位数 τ 下行业间总溢出指数 (Total Spillover Index, TSI) 可表示为：

$$TSI(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N SI_{ij}(\tau)}{N} \quad (5)$$

条件分位数 τ 下 i 行业对其他行业的溢出 (To_i) 以及接收其他行业的溢出 ($From_i$) 分别为:

$$To_i(\tau) = \sum_{j=1, i \neq j}^N SI_{ij}(\tau), \quad From_i(\tau) = \sum_{j=1, i \neq j}^N SI_{ji}(\tau) \quad (6)$$

为考察极端状态与正常状态下行业间溢出水平的差异, 本文借鉴 Adrian & Brunnermeier (2016) 中的 $\Delta CoVaR$ 构建思想, 提出相对溢出指数, 以此反映从正常状态到极端状态下行业间溢出水平的变化程度。若相对溢出指数为正值, 表示相较于正常状态, 极端状态下溢出水平上升, 且数值越大上升幅度越高; 反之, 则为下降。构建的相对溢出指数如下:

$$\Delta TSI_L = TSI(0.01) - TSI(0.50), \quad \Delta TSI_R = TSI(0.99) - TSI(0.50) \quad (7)$$

$$\Delta To_{i,L} = To_i(0.01) - To_i(0.50), \quad \Delta To_{i,R} = To_i(0.99) - To_i(0.50) \quad (8)$$

$$\Delta From_{i,L} = From_i(0.01) - From_i(0.50), \quad \Delta From_{i,R} = From_i(0.99) - From_i(0.50) \quad (9)$$

$$\Delta SI_{ij,L} = SI_{ij}(0.01) - SI_{ij}(0.50), \quad \Delta SI_{ij,R} = SI_{ij}(0.99) - SI_{ij}(0.50) \quad (10)$$

其中, 式 (7) 为相对总溢出指数, ΔTSI_L 和 ΔTSI_R 为左尾和右尾相对总溢出, 衡量极端下降和上升状态下行业间总溢出水平相比正常状态的变化; 式 (8) 和式 (9) 为相对方向性溢出指数, $\Delta To_{i,L}$ 和 $\Delta From_{i,L}$ 为 i 行业左尾相对溢出和溢入, $\Delta To_{i,R}$ 和 $\Delta From_{i,R}$ 为 i 行业右尾相对溢出和溢入, 衡量极端状态下 i 行业方向性溢出水平相比正常状态的变化; 式 (10) 为两两行业间相对溢出指数, ΔSI_L 和 ΔSI_R 为两两行业间左尾和右尾相对溢出指数, 衡量极端下降和上升状态下两个行业间溢出水平相比正常状态的变化。

(二) 样本数据

本文采用行业指数代表各个行业, 考察中国行业间溢出效应, 并选取金融、能源、材料、工业、可选消费、日常消费、医疗保健、信息技术、公用事业和房地产十个 Wind 一级行业作为研究对象, 剔除了上市企业数目较少的电信服务行业。样本区间为 2006 年 1 月—2020 年 12 月, 本文利用各行业指数的周度收盘价计算对数收益率, 最终得到 765 组周度观测值。此外, VAR 模型的滞后阶数由 AIC 准则确定为 1, 滚动窗口为 102 周 (约 2 年的交易观测), 预测误差方差分解的预测期为 6 期。

三、实证结果与分析

(一) 总溢出

1. 基于条件均值和条件中位数的总溢出

图 1 给出了基于条件均值和条件中位数的行业间动态总溢出水平。两种溢出指数方法测度的行业间总溢出水平在走势上基本相同, 且数值上几乎无差异。具体来看, 总溢出水平在 2008 年全球金融危机结束后开始进入下降通道, 直至 2015 年出现明显的上升。这可能是因为全球金融危机的爆发在一定程度上加剧了行业间共同敞口的暴露, 使得行业间总溢出水平在金融危机期间出现上升, 但随着金融危机影响的消退, 行业间总溢出水平开始进入下降通道。2015 年中国经济进入“新常态”, 恰逢国内遭遇了股市大幅波动和人民币汇率贬值双重冲击, 行业内部流动性紧缩, 外部不确定性增大, 在共同敞口和信息机制的作用下, 行业间总溢出水平急剧上升。2017 年, 十九大正式提出“健全金融

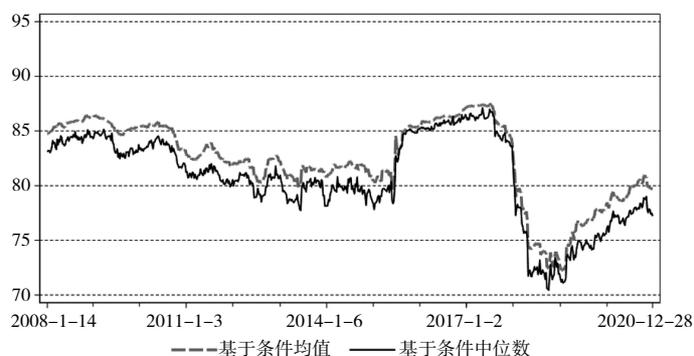


图 1 基于条件均值和条件中位数的总溢出 (单位: %)

监管体系，守住不发生系统性金融风险的底线”，随后开启金融强监管周期，各种防范系统性风险的监管政策逐步落地，直接导致行业间总溢出水平急剧下降。进入 2018 年下半年，中美贸易摩擦不断升级对进出口行业产生负面冲击，引发供应链上各行业的连锁反应，叠加行业主体对未来贸易谈判的悲观预期，行业间总溢出水平开始上升。2020 年新冠肺炎疫情进一步加剧了行业间共同敞口的暴露，行业间总溢出水平继续攀升。

2. 不同条件分位数下的总溢出

如图 1 所示，基于条件均值和条件中位数的总溢出指数均能很好地捕捉正常状态下行业间溢出效应的总体水平，二者的走势趋同且在数值上无明显差异。但是随着冲击强度的加剧，行业间总溢出水平将会发生何种变化？鉴于此，本文采用基于 QVAR 模型的溢出指数方法测度行业间的总溢出，考察不同状态下溢出效应的异质性。图 2 给出了行业间总溢出水平均值在不同分位数下的变化趋势。

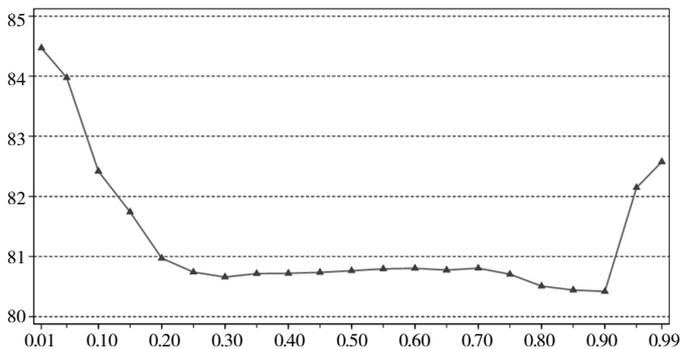


图 2 不同条件分位数下行业间的总溢出 (单位: %)

如图 2 所示，在 0.20—0.90 分位数下，行业间总溢出水平的均值都处于 80%~81% 之间，变化并不明显。然而，随着冲击强度的加剧，行业间总溢出水平也随之进一步上升。这说明，基于 QVAR 模型的溢出指数能够较好地捕捉极端冲击的影响，基于条件均值的溢出指数方法将低估行业间的溢出效应。

事实上，正常和极端状态下行业间的溢出渠道存在差异。在正常状态下，由于行业间存在直接的业务关联以及间接的共同敞口，行业间溢出主要通过直接和间接关联渠道沿着供应链和产业链进行传递，此时行业间恐慌和非理性情绪并未显现，通过信息关联渠道的行业间溢出水平相对较弱。然而在极端状态下，行业主体恐慌和非理性情绪占据主要位置，叠加直接的业务关联和间接的共同敞口渠道，行业间总溢出水平相比正常状态将有大幅提升。

此外，行业间总溢出水平在左尾和右尾处呈现非对称性，具体表现为左尾总溢出水平明显高于右尾，即相较于极端正向冲击，极端负向冲击下行业间的溢出效应更强。这可能是因为面临极端负向冲击时，冲击沿着行业间直接和间接关联渠道进行传递，与此同时，负面冲击带来的行业主体信心丧失和悲观预期共振将产生“加速器”效应，引发各方反应发生“超调”，致使左尾总溢出水平急剧上升。然而在极端正向冲击下，虽然行业间也会通过直接、间接以及信息渠道溢出，但是由于异质信念 (Heterogeneous Beliefs) 的存在，相较于负向冲击，行业主体对正向冲击的敏感程度更低，通过信息渠道的溢出相对较弱，致使右尾总溢出水平小于左尾。

3. 正常与极端状态下总溢出的时序变化

图 2 表明不同条件分位数下行业间总溢出水平存在一定差异，鉴于此，本文将极端条件分位数 (0.01 和 0.99 分位数) 与条件中位数的总溢出指数进行对比分析，探讨极端和正常状态下行业间总溢出水平的时序变化特征，结果如图 3 所示。

对比极端下降状态与正常状态可知，左尾总溢出与正常状态总溢出走势类似，但极端下降状态溢出水平明显高于正常状态且波动更为剧烈。具体来看，在 2013—2016 年，以及 2018 年以后，左尾溢出水平显著高于正常状态。究其原因，2013 年金融业内部出现流动性紧张造成行业融资成本大幅上升，流动性紧张通过信贷和资金链条在行业间的传递引起行业间总溢出水平上升。与此同时，2015 年股市异常波动和“8·11”汇改进一步加剧了行业间总溢出水平的上升。进入 2018 年，中美贸易摩擦

开启，贸易谈判走势的不确定使得部分行业进出口受到影响，通过产品供应链传递至上下游行业，加剧了行业间的溢出水平，而且中美贸易摩擦作为一种负向外部冲击也将通过行业间的共同敞口渠道引起行业间总溢出水平上升。

对比极端上升状态与正常状态可知，右尾总溢出与正常状态总溢出走势趋同，但溢出水平略高于正常状态，且波动相对剧烈。具体来看，在2018年以前，右尾总溢出与正常状态总溢出走势基本一致，且围绕正常状态上下小幅波动，但是2018年以后，右尾总溢出明显高于正常状态总溢出，且波动幅度更加剧烈，这说明中美贸易摩擦前景的不确定性在一定程度上加剧了行业间总溢出水平的波动。

本文进一步采用左尾和右尾的相对总溢出指数 (ΔTSI_L 和 ΔTSI_R)，考察相比正常状态，极端下降和极端上升状态下行业间总溢出水平的变化情况。图4为左尾和右尾相对总溢出的时序变化。

由图4可知，无论是左尾还是右尾，相对总溢出水平，其数值在样本区间内显著不为0，且表现出大于0的趋势，表明极端状态下行业间的溢出效应强于正常状态，传统的溢出指数方法将明显低估极端状态下行业间真实的溢出水平，同样基于传统溢出指数方法制定的监管政策可能会存在政策力度不足等问题，影响政策执行效果。此外，相对于总溢出，左尾和右尾走势上存在一定的相似性，样本期内 ΔTSI_L 和 ΔTSI_R 的相关系数为0.2051，且在1%的水平上显著，但是左尾相对总溢出的波动水平略高于右尾，前者的标准差为3.29%，后者的标准差为3.10%。

(二) 方向性溢出

1. 不同分位数下的溢入溢出

图5和图6分别给出了各行业在不同分位数下的溢入溢出水平均值。从溢入水平来看，一是在不同分位数下，金融、房地产、能源、医疗保健、日常消费和信息技术的溢入呈现U型，其他行业的溢入变化并不明显。这意味着上述六个行业在极端状态下接收的溢出会显著上升。二是溢入水平在左尾和右尾呈现非对称性，左尾溢入明

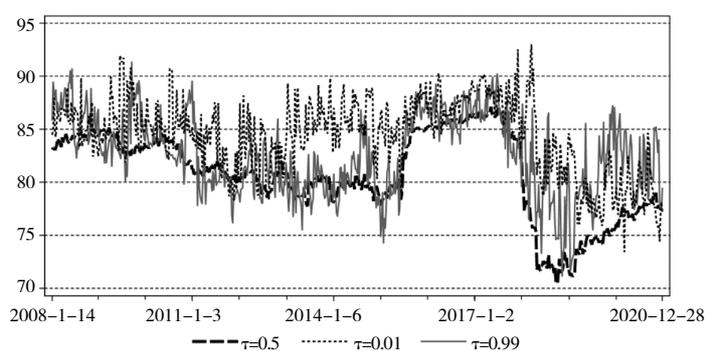


图3 正常和极端状态下行业间总溢出的时序变化 (单位: %)

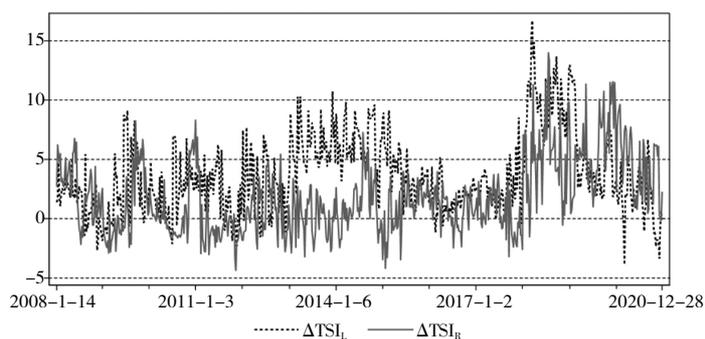


图4 左尾和右尾相对总溢出的时序变化 (单位: %)

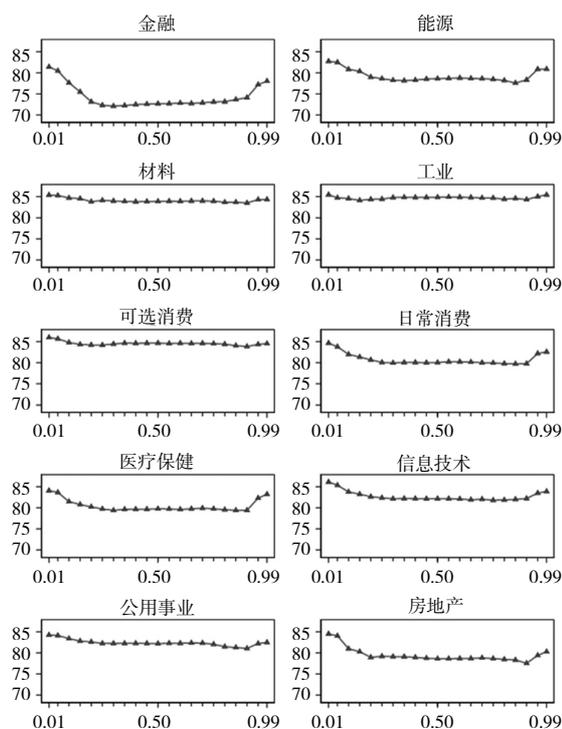


图5 不同条件分位数下十个行业的溢入水平 (单位: %)

显高于右尾。以0.01和0.99分位数为例，十个行业左尾溢出水平平均高于右尾。这表明，相比极端上升状态，在极端下降状态下各行业接收的溢出水平更高。因此，就防范系统性风险而言，相比极端上升状态，更应该关注极端下降状态的风险传染。

从溢出水平来看，第一，随着冲击强度的增强，金融、能源、房地产、医疗保健的左右尾溢出都呈现加剧趋势，公用事业、工业、材料、日常消费仅左尾溢出有所加剧。首先，能源行业作为产业链上游的基础行业，为其他行业提供生产原材料和燃料动力，具有投入不可替代、产业关联度高等特征，极端状态下能源行业波动将会沿着产业链进行跨行业传递。其次，金融与其他行业存在着密切的信贷资金关联，在极端状态下会通过杠杆效应放大对其他行业的影响。再次，房地产自2003年被确立为国民经济支柱产业以来，投融资规模持续增长，与上下游行业的关联程度日趋紧密，这也使得极端状态下房地产对其他行业的溢出效应较强。最后，随着中国人口老龄化加速，医疗保健行业成为各行业主体多元化扩张的重点领域，行业规模持续增长，加之医疗保健位于产业链中游，与材料、消费等上下游行业存在密切的业务往来关系，极端状态下医疗保健行业波动将会传递至其他行业。

第二，在左右尾溢出同时加剧的四个行业中，金融和房地产右尾溢出显著高于左尾，这意味着金融和房地产在极端上升状态下对其他行业的溢出水平更高。这可能是因为在极端上升状态下，信贷繁荣和资产价格上涨改变了行业主体的风险承担意愿，容易形成信贷膨胀和房地产膨胀的双螺旋，从而放大了金融和房地产的溢出水平。但是在极端下降状态下，虽然信贷紧缩和资产价格下跌也会对其他行业产生溢出，但行业主体风险承担意愿减弱在一定程度上弱化了金融和房地产的溢出水平。此外，金融和房地产都具备金融属性，极端上升状态下部分非金融企业“金融化”也加大了金融和房地产的溢出水平。

对比而言，第一，随着冲击强度的增强，金融、能源、房地产、医疗保健的溢入和溢出水平都显著上升，而其他行业的溢入和溢出水平呈现不均衡状况，表现为仅溢出或溢入一方水平有所加剧。为此，应重点关注金融、能源、房地产、医疗保健等系统性重要行业溢入溢出水平在不同状态下的变化。第二，各个行业左尾溢入水平明显高于右尾，但左尾溢出水平并不一定高于右尾，例如，金融和房地产右尾溢出水平明显高于左尾。因此，监管机构尤其要关注金融和房地产在极端上升状态下溢出水平的变化。

2. 相对溢入溢出

本文采用动态的 ΔTo 和 $\Delta From$ 指数考察样本期间内各行业相对溢入溢出的时序特征，在此基础上，计算各行业相对溢入和相对溢出的均值，并对其进行排序，结果如表1所示。

第一，仅金融、房地产、能源、医疗保健四个行业左尾和右尾相对溢入溢出四个指数的均值为正，表明在两种极端状态下，四个行业的方向性溢出水平显著上升，传统的溢出指数方法将低估其在极端状态下的溢出效应。第二，金融业左尾和右尾相对溢入溢出四个指数的样本均值都位列行业第一，这说明在极端状态下，金融业的溢入和溢出水平上升幅度最高，在“黑天鹅”事件发生时，应重

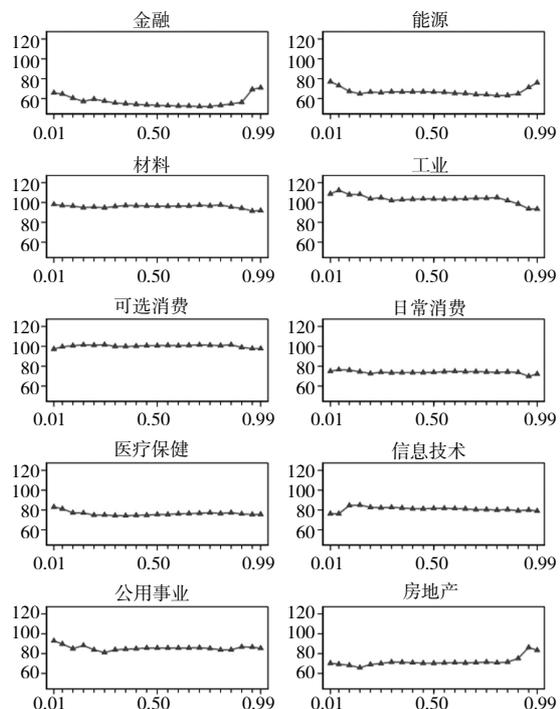


图6 不同条件分位数下十个行业的溢出水平(单位: %)

点监测金融业溢出水平的变化,同时应通过政策干预等措施减缓其与其他行业的“共振”。第三,从截面维度来看,行业间相对溢出的差异大于相对溢入。十个行业左尾和右尾相对溢出的标准差分别为 5.88% 和 8.71%,左尾和右尾相对溢入的标准差分别为 2.46% 和 1.68%,左尾和右尾相对溢出的极差分别为 17.92% 和 27.82%,左尾和右尾相对溢入的极差分别为 8.12% 和 5.50%,说明在极端状态下,行业间相对溢出的差异远大于相对溢入。

将两种极端状态进行区分,在极端下降状态下,行业收益率大幅下降,风险爆发。除可选消费和信息技术外,其他行业相对溢出均值都为正,且所有行业的相对溢入均值都为正。这表明,面临极端负向冲击时,除可选消费和信息技术的溢出水平下降,其他行业的溢入和溢出水平都呈现不同程度的上升。此外,金融与能源的左尾相对溢出均值位列前二,金融和房地产的右尾相对溢入均值位列前二,凸显了金融、房地产和能源在整个行业关联网络中的重要地位。

在极端上升状态下,行业收益率大幅上升,金融、房地产、能源和医疗保健的相对溢出均值为正,其他行业均为负,除可选消费外,其他行业相对溢入的均值都为正。这表明,面临极端正向冲击时,金融、房地产、能源和医疗保健的对外溢出水平显著增强,其他行业则存在不同程度的下降,除可选消费外,其他行业的溢入水平均有所上升。而且,金融和房地产的右尾相对溢出均值位列前二,进一步说明极端上升状态下,信贷扩张和资产价格上涨容易放大金融和房地产对其他行业的影响。

进一步考察样本期间内各行业相对溢入溢出的时序变化,结果如图 7 和图 8 所示。第一,无论是相对溢入还是相对溢出,单个行业左尾和右尾指数的走势基本一致,但也会在某个时段内出现背离。例如,在 2015 年 1 月—2015 年 8 月,金融行业的左尾相对溢入水平急剧上升、右尾相对溢入水平急剧下降。相对溢入或溢出在左尾和右尾的背离再次表明,各行业的溢出效应在极端正向和极端负向冲击下具有非对称性。第二,在时间维度上,各个行业相对溢出的波动明显高于相对溢入。其中,各行业相对溢出序列的标准差均在 29% 以上,但相对溢入序列的标准差均低于 13%。第三,各个行业的相对溢入和溢出水平都围绕着 0 上下波动,具有随时间衰减的趋势,但少数行业也会出现某个较长时期大于 0 的情形。例如,金融业在多数时点都大于 0,而且在 2018—2020 年期

表 1 十个行业相对溢入溢出的均值及排名(%)

行业	ΔT_{0L}	$\Delta From_L$	ΔT_{0R}	$\Delta From_R$
金融	12.5464(1)	8.7199(1)	17.6997(1)	5.3514(1)
能源	10.5618(2)	4.1164(5)	9.4496(3)	2.2585(4)
材料	1.7472(6)	1.5025(8)	-4.5102(9)	0.4496(8)
工业	5.1935(5)	0.6024(10)	-10.1212(10)	0.5805(7)
可选消费	-3.4272(9)	1.3138(9)	-2.9984(8)	-0.1438(10)
日常消费	1.0968(7)	4.6116(3)	-1.6754(6)	2.5325(3)
医疗保健	7.5622(3)	4.3129(4)	0.1343(4)	3.4572(2)
信息技术	-5.3777(10)	3.9594(6)	-2.6572(7)	1.7040(5)
公用事业	7.1249(4)	2.0359(7)	-0.3069(5)	0.2795(9)
房地产	0.0217(8)	5.8749(2)	13.1094(2)	1.6544(6)

注:括号内为相应指标从大到小的排名。

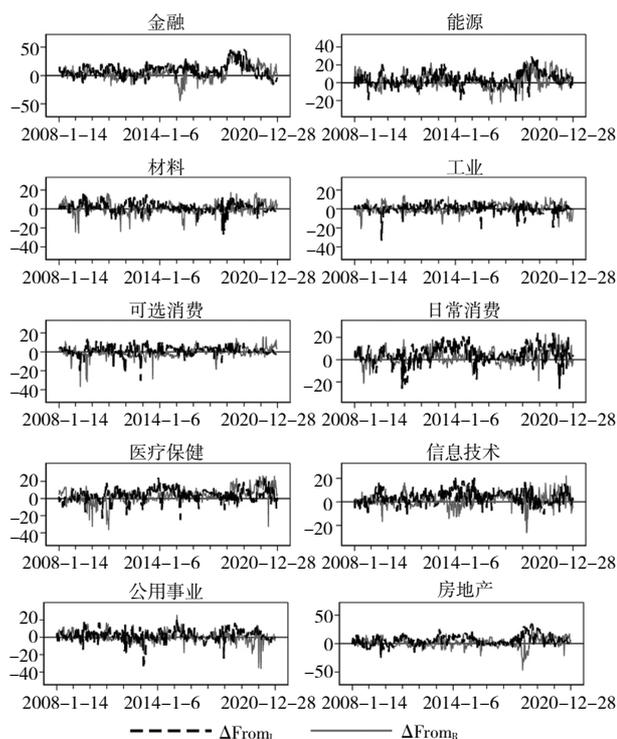


图 7 十个行业相对溢入的时序变化(单位:%)

间其左尾和右尾相对溢入持续大于 0。监管机构需择时调整监管政策力度，提升监管效率。

(三) 两两行业间的溢出

为考察极端状态下两两行业间溢出水平较正常状态的变化情况，本文构建了两两行业间的左右尾相对溢出指数 (ΔSI_L 和 ΔSI_R)，并将动态的 ΔSI_L 和 ΔSI_R 指数计算样本均值后排序。鉴于十个行业存在 90 对溢出关系，本文重点考察溢出水平上升和下降幅度最大的十对溢出关系，结果如表 2 所示。

研究发现：第一，两两行业间左尾相对溢出水平大于 0 的关系数有 58 对，右尾相对溢出水平大于 0 的关系数有 48 对。一方面，左尾和右尾相对溢出水平大于 0 的关系数目均在半数以上，表明在极端状态下，两两行业间的溢出效应将明显加剧；另一方面，对比左右尾可知，左尾相对溢出水平为正的数目远超右尾，相比行业收益率极端上升状态，在行业收益率极端下降状态下更容易出现两两行业间溢出效应加剧的现象。

第二，将两种极端状态进行区分，在极端下降状态，金融和能源的定向溢出水平明显上升，信息技术的定向溢出水平则有所下降。其中，在左尾溢出水平上升幅度最大的十对溢出关系中，金融和能源作为溢出源的关系数均为 3；在溢出水平下降幅度最大的十对溢出关系中，信息技术作为溢出源的关系数为 4。

在极端上升状态，金融、房地产和能源的定向溢出影响显著增强，工业的定向溢出影响显著降低。其中，在右尾溢出水平上升幅度最大的十对溢出关系中，金融、房地产和能源三个行

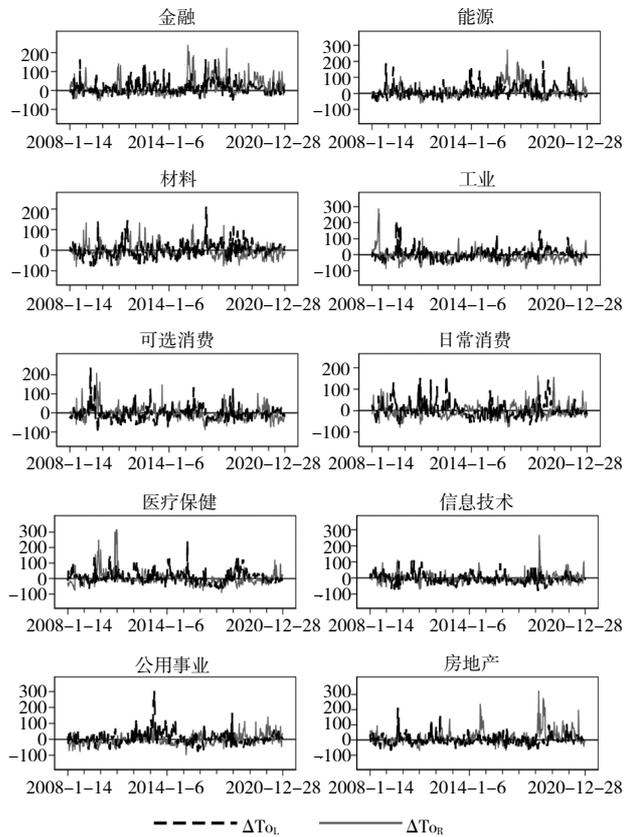


图 8 十个行业相对溢出的时序变化 (单位: %)

表 2 两两行业间溢出水平上升和下降幅度最大的十对溢出关系 (%)

排名	溢出方向	ΔSI_L	溢出方向	ΔSI_R
溢出水平上升幅度最大的十对溢出关系				
1	金融→医疗保健	3.2595	金融→医疗保健	3.7877
2	医疗保健→金融	3.1724	房地产→医疗保健	3.1621
3	能源→医疗保健	3.1467	房地产→信息技术	2.9629
4	金融→日常消费	2.7882	金融→信息技术	2.9202
5	金融→信息技术	2.6468	能源→医疗保健	2.7033
6	能源→信息技术	2.5605	金融→日常消费	2.3978
7	医疗保健→能源	2.3201	房地产→日常消费	2.3635
8	能源→日常消费	2.2266	金融→材料	2.1011
9	工业→金融	1.8870	金融→公用事业	2.0920
10	信息技术→金融	1.8724	金融→工业	2.0763
溢出水平下降幅度最大的十对溢出关系				
1	房地产→金融	-2.5558	可选消费→信息技术	-1.9126
2	信息技术→医疗保健	-2.4689	信息技术→医疗保健	-1.7057
3	可选消费→信息技术	-1.9494	工业→信息技术	-1.6862
4	可选消费→医疗保健	-1.8214	日常消费→医疗保健	-1.6324
5	医疗保健→日常消费	-1.6955	工业→材料	-1.6158
6	信息技术→可选消费	-1.6051	工业→公用事业	-1.5243
7	信息技术→工业	-1.5697	材料→能源	-1.4914
8	金融→房地产	-1.5197	医疗保健→信息技术	-1.4911
9	信息技术→日常消费	-1.4327	医疗保健→日常消费	-1.3824
10	日常消费→医疗保健	-1.3155	可选消费→医疗保健	-1.2619

业作为溢出源的关系数分别为 6、3 和 1；在溢出水平下降幅度最大的十对溢出关系中，工业作为溢出源的关系数为 3。综上可知，在极端状态下，金融、能源和房地产的定向溢出效应将显著增强。

第三，无论是左尾还是右尾，金融对医疗保健的相对溢出水平均值都位列第一，意味着金融对医疗保健的溢出水平在极端状态下上升幅度最高。老龄化程度日益加深促进了医疗保健行业蓬勃发展，一些金融企业纷纷布局医疗健康领域，“金融+医疗”、养老金融等新模式新业态不断涌现，在一定程度上加深了金融和医疗保健的行业关联度，因此，极端状态下金融对医疗保健的溢出水平将大幅上升。

四、研究结论与政策建议

本文的主要研究结论如下。第一，基于 QVAR 模型的溢出指数能够较好地捕捉不同冲击规模及方向下行业间的溢出效应，基于条件均值的溢出指数可能错判行业间真实的溢出水平。其中，行业间相对总溢出、各行业相对溢入溢出以及两两行业间相对溢出指数显著不为 0。第二，行业间溢出效应在极端上升和下降状态下呈现非对称性，左尾的总溢出、十个行业的溢入均高于右尾。第三，相比正常状态，两种极端状态下金融、房地产、能源、医疗保健四个行业的方向性溢出水平显著上升，并且金融的溢入、溢出水平上升幅度最高，而其他行业方向性溢出水平呈现不均衡，表现为仅溢出或溢入一方有所加剧。第四，在极端上升和下降状态下，金融对医疗保健的定向溢出水平上升幅度最高。

基于上述研究结论，针对防范化解系统性风险，本文提出如下政策建议。第一，系统性风险的监控防范不应局限于金融体系内部或其中的某一局部，应立足于经济金融系统全局，从行业间关联出发，评估和识别各个行业在关联网络中的风险传递水平及方向，切实提高系统性风险防范政策的有效性。第二，监测正常状态下行业间溢出效应的同时，还应重点关注极端状态下行业间溢出水平的变化，根据溢出水平的变化情况，动态调整监管力度和节奏，避免监管政策力度不足或过度反应。第三，重点关注金融、能源、房地产和医疗保健四个行业在极端状态下溢出水平和方向的变化，加强监管协调，建立事前预警和事中干预机制，降低上述行业系统性风险传递水平，阻断风险传递路径。

(责任编辑 郝毅)

参考文献：

- [1] 方意, 黄丽灵. 系统性风险、抛售博弈与宏观审慎政策[J]. 经济研究, 2019 (9): 41-55
- [2] 蒋海, 张锦意. 商业银行尾部风险网络关联性与系统性风险——基于中国上市银行的实证检验[J]. 财贸经济, 2018 (8): 50-65
- [3] 李政, 刘淇, 温博慧. 中国系统性风险度量防范研究——基于高低波动两阶段的视角[J]. 南开学报 (哲学社会科学版), 2020 (5): 146-158
- [4] 李政, 鲁晏辰, 刘淇. 尾部风险网络、系统性风险贡献与我国金融业监管[J]. 经济学动态, 2019 (7): 65-79
- [5] 李志辉, 李源, 李政. 中国银行业系统性风险监测研究——基于 SCCA 技术的实现与优化[J]. 金融研究, 2016 (3): 92-106
- [6] 刘晓星, 张旭, 李守伟. 中国宏观经济韧性测度——基于系统性风险的视角[J]. 中国社会科学, 2021 (1): 12-32
- [7] 马君潞, 范小云, 曹元涛. 中国银行间市场双边传染的风险估测及其系统性特征分析[J]. 经济研究, 2007 (1):

68-78

- [8] 欧阳资生, 李虹宣, 刘凤根. 中国系统性金融风险对宏观经济的影响研究[J]. 统计研究, 2019 (8): 19-31
- [9] 乔海曙, 李颖, 欧阳昕. 产业关联、共同信息溢出与行业股指联动[J]. 系统工程理论与实践, 2016 (11): 2737-2751
- [10] 涂晓枫, 李政. 银行的影子: 风险分担还是风险传染[J]. 当代经济科学, 2016 (2): 20-29
- [11] 杨子暉, 陈雨恬, 谢锐楷. 我国金融机构系统性金融风险度量与跨部门风险溢出效应研究[J]. 金融研究, 2018 (10): 19-37
- [12] 翟永会. 系统性风险管理视角下实体行业与银行业间风险溢出效应研究[J]. 国际金融研究, 2019 (12): 74-84
- [13] Adrian T, Brunnermeier M K. CoVaR[J]. American Economic Review, 2016, 106 (7): 1705-1741
- [14] Balcilar M, Ozdemir Z A, Ozdemir H. Dynamic Return and Volatility Spillovers among S&P 500, Crude Oil, and Gold[J]. International Journal of Finance & Economics, 2021, 26 (1): 153-170
- [15] Bouri E, Saeed T, Vo X V, Roubaud D. Quantile Connectedness in the Cryptocurrency Market[J]. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 2021, 71, Article 101302
- [16] Chatziantoniou I, Gabauer D, Stenfors A. Interest Rate Swaps and the Transmission Mechanism of Monetary Policy: A Quantile Connectedness Approach[J]. Economics Letters, 2021, 204, Article 109891
- [17] Diebold F X, Yilmaz K. On the Network Topology of Variance Decompositions: Measuring the Connectedness of Financial Firms[J]. Journal of Econometrics, 2014, 182 (1): 119-134
- [18] Saeed T, Bouri E, Alsulami H. Extreme Return Connectedness and Its Determinants between Clean/Green and Dirty Energy Investments[J]. Energy Economics, 2021, 96, Article 105017

A Study on Monitoring and Forestalling China's Systemic Risk Based on Inter-Industry Connected Network

Li Zheng, Liu Haojie and Yuan Chenxi

(School of Finance, Tianjin University of Finance and Economics)

Summary: Inter-industry connectedness is the basis of systemic risk transmission and diffusion, and how to identify the changes of inter-industry spillover effect from normal state to extreme state is the key to improving the regulatory efficiency. From the perspective of inter-industry connected network, this paper takes 10 industries in China as the research object, selects the weekly returns of 10 industry indices from 2006 to 2020, and uses the spillover index based on the quantile vector autoregression (QVAR) model to capture the inter-industry spillover effect with different shock sizes and directions. In addition, the paper proposes the relative spillover index to analyze the changes of inter-industry spillover level and structure from normal state to extreme state. The results show that, firstly, the spillover index based on QVAR model can better capture the inter-industry spillover effect with different shock sizes and directions, and the spillover index based on conditional means may misjudge the real inter-industry spillover level. Secondly, the inter-industry spillover effect is asymmetric in the extreme rising and falling state. Both the left-tail total spillover and the spillover within the 10 industries are higher than right-tail spillover. Thirdly, compared with the normal state, the directional spillover level of financials, real estate, energy and health care has increased significantly in two extreme states, with the most obvious spillover effects in financial field. Fourthly, the spillover from financials to health care has increased the most in the extreme rising and falling state. Therefore, the regulatory authorities should clarify the role and status of each industry in the inter-industry connected network based on the whole economic and financial system, and then identify the industry with sudden spillover sudden change in extreme states. At the same time, more efforts are needed to improve the strength and precision of regulatory policies to avoid insufficient regulation or over-reaction.

Keywords: Systemic Risk; Inter-Industry Connectedness; Spillover Index Based on QVAR Model; Extreme State

JEL Classification: G01, G28, G18