Finance 金融, 2023, 13(3), 474-486
Published Online May 2023 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/fin
https://doi.org/10.12677/fin.2023.133046

基于LASSO-VAR模型的外汇市场风险溢出网络研究

Olivia Sonia Suprapto，宋筱雪琪，张　旭*

南京信息工程大学管理工程学院，江苏　南京

收稿日期：2023年3月13日；录用日期：2023年5月9日；发布日期：2023年5月16日

摘　要

随着外汇市场越来越受到投资者的青睐，其风险分析研究也变得十分重要且非常必要。因此，本文探讨了2005年9月至2023年2月期间的全球外汇传递冲击溢出效应和网络连通性。我们使用波动率溢出指数和最小绝对收缩和选择算子向量自回归(LASSO-VAR)的方法来构建35种全球货币的网络连通性。总体而言，该研究发现全球外汇市场之间存在显著的溢出关联性(达到78.54%)，其中SGD (新加坡元)和CHF (瑞士法郎)是冲击的主要净传递者，连通性分别为96.99%和75.29%。相比之下，ARS (阿根廷比索)和INR (印度卢比)是冲击的主要净接收者，连通性分别为94.96%和79.15%。从动态上看，总溢出连通性对国际经济变化和危机的反应不同。这项研究的结果可以对全球外汇市场的风险分析做出额外贡献，这也将有助于对冲在危机期间的相关风险。

关键词

外汇市场，网络连通性，溢出效应，货币

Research on Risk Spillover Network of Foreign Exchange Market Based on the LASSO-VAR Model

Olivia Sonia Suprapto, Xiaoxueqi Song, Xu Zhang*

School of Management Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu

Received: Mar. 13th, 2023; accepted: May 9th, 2023; published: May 16th, 2023

Abstract

Widespread interest in foreign exchange markets among investors makes risk analysis study im-

*通讯作者。

文章引用: Olivia Sonia Suprapto, 宋筱雪琪, 张旭. 基于 LASSO-VAR 模型的外汇市场风险溢出网络研究[J]. 金融, 2023, 13(3): 474-486. DOI: 10.12677/fin.2023.133046

portant and well-needed. Therefore, this paper explores the global foreign exchange return shock spillovers and network connectedness between September 2005 and February 2023. We use the volatility spillover index and the Least Absolute Shrinkage and Selection Operator-Vector Autoregression (LASSO-VAR) approach to construct network connectedness of 35 global currencies. Overall, the study found a significant spillover connectedness among the global foreign exchange markets (78.54%), with SGD (Singapore Dollar) and CHF (Swiss Franc) as the major net transmitters, accounting for 96.99% and 75.29%, respectively. In contrast, ARS (Argentine Peso) and INR (Indian Rupee) are the major net receivers of shocks, with 94.96% and 79.15%, respectively. Dynamically, total spillover connectedness reacts differently to international economic changes and crises. The findings of this study can be an additional contribution to the risk analysis in the global foreign exchange markets, which will also be useful to hedge the risk during crisis periods.

Keywords

Foreign Exchange Markets, Network Connectedness, Spillover Effect, Currency

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

作为全球经济一体化和金融市场相互依存的结果，金融市场之间的联系受到了广泛关注，这意味着一个市场所产生的冲击将传递到其他市场。外汇市场是投资者对去中心化的有利市场之一，因为它是一个相对较低的准入壁垒市场。但是，巨大的交易量和交易日的持续操作使得外汇市场对政治、金融环境甚至全球震荡事件的变化十分敏感。一些研究学者发现，外汇市场与新闻发布、新闻来源以及新闻类型之间存在显著的相关性[1] [2]，并且外汇市场还受到贸易关系和投资者行为[3] [4]、中欧和东欧国家 2007 年金融危机前后之间[5]以及南非 COVID-19 大流行期间的变化的影响[6]。

我们的主要研究目标是为基于最小绝对收缩和选择算子向量自回归(LASSO-VAR)模型，为全球外汇市场溢出效应和网络连通性的实证文献做出贡献。该方法可以检验大量变量的总溢出连通性、总方向性和成对方向性溢出效应，同时还有助于提供有关危机期间全球货币传递冲击传导的文献。我们的研究：1) 衡量了整个研究期间的总溢出连通性，2) 衡量了整个市场风险溢出的方向和程度，3) 考察了全球外汇市场的净风险传递者和净风险接收者，4) 考察了几个冲击事件的网络连通性。

2. 文献综述

近几十年来，关于外汇市场传递、波动关联性和相互依存性的相关文献备受欢迎。Kenourgios 等人，Kilic，和 Salisu & Ayinde [7] [8] [9]研究了主要交易货币之间的波动性传导，而其他研究学者则分析了货币对股票市场[10] [11] [12]、商品市场[13] [14] [15]和加密货币[16] [17]等其他金融市场的依赖性。然而，大多数研究都侧重于主要货币，却很少有研究侧重于较小的货币。

Diebold & Yilmaz [18]提出了波动性溢出指数，而后 Diebold & Yilmaz [19]对该指数进行了改进。通过在方差分解模型中使用有向和加权网络，Diebold & Yilmaz [20]提出了波动性溢出网络。但是，这种更新的方法无法处理大量的样本数据。因此，Demirer [21]等人使用最小绝对收缩和选择算子(LASSO)方法对其进行了增强，该方法用于选择和收缩变量以估计高维 VAR。

一些研究学者已经在汇率市场中应用了 Diebold & Yilmaz [18] [19] [20]的溢出和连通性模型。

Huynh [22]研究了 1993 年至 2019 年间 9 种交易量最大的货币的方向溢出效应和连通性。他们发现，在贸易政策不确定性期间，货币之间存在不对称的溢出效应和连通性。Fasanya [23]研究了 COVID-19 大流行期间 6 种交易最多的货币的动态溢出效应和连通性。Wang [24]研究了中国不同金融市场的波动性溢出效应。他们发现金融市场之间的联系并没有很强的相关性，但危机对中国金融市场产生了强烈影响。Kang & Lee [25]通过分析股票指数和商品之间的动态波动溢出效应和网络连通性发现了各市场间的关联性。

3. 数据和方法

3.1. 数据

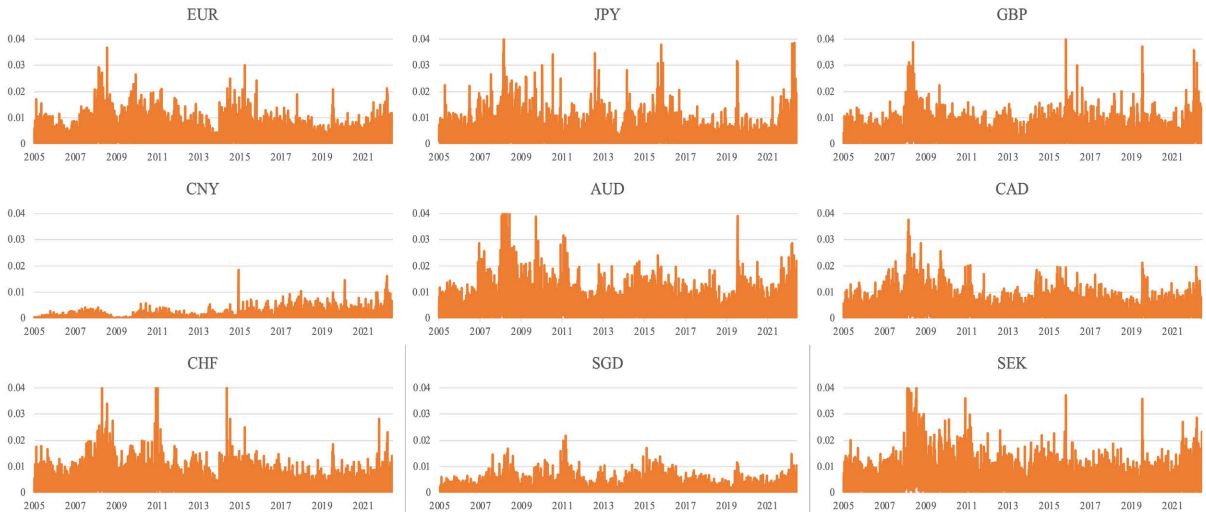
我们的研究使用了 2005 年 9 月 2 日至 2023 年 2 月 13 日期间 35 种货币兑美元(USD)的每日收盘价数据，该数据来源于投资网站(http://www.investing.com/)。这 35 种货币在研究期间有可用的完整数据。收集每日收盘价，并获得对数收益。表 1 列出了 35 种选定货币的列表，以及其使用的符号和地区。

Table 1. List of 35 currencies used in this study
表 1. 本研究中使用的 35 种货币列表

符号	货币	地区	符号	货币	地区
ARS	阿根廷比索	南美洲	KRW	韩元	亚洲
AUD	澳元	大洋洲	MAD	摩洛哥迪拉姆	非洲
BGN	保加利亚列弗	欧洲	MXN	墨西哥比索	北美洲
BRL	巴西雷亚尔	南美洲	MYR	马来西亚林吉特	亚洲
CAD	加元	大洋洲	NOK	挪威克朗	欧洲
CHF	瑞士法郎	欧洲	NZD	新西兰元	大洋洲
CLP	智利比索	南美洲	PEN	秘鲁索尔	南美洲
CNY	人民币	亚洲	PHP	菲律宾比索	亚洲
COP	哥伦比亚比索	南美洲	PLN	波兰兹罗提	欧洲
CZK	捷克克朗	欧洲	RON	罗马尼亚列伊	欧洲
DKK	丹麦克朗	欧洲	RUB	俄罗斯卢布	欧洲
EUR	欧元	欧洲	SEK	瑞典克朗	欧洲
GBP	英镑	欧洲	SGD	新加坡元	亚洲
HUF	匈牙利福林	欧洲	TND	突尼斯第纳尔	非洲
IDR	印尼盾	亚洲	TRY	土耳其里拉	亚洲
ILS	以色列谢克尔	亚洲	UGX	乌干达先令	非洲
INR	印度卢比	亚洲	ZAR	南非兰特	非洲
JPY	日圆	亚洲			

注：列表内容包括货币及其符号和地区。

图 1 显示了日均交易量最大的前 9 种货币的每日波动率。其中，欧元、人民币和新加坡元的波动性较小。在 2008~2009 年全球金融危机以及 2015 年初至 2016 年年中(约在 2015 年全球大宗商品价格受到冲击时期)期间，所有货币的波动趋势急剧上升。



注：为便于比较，日波动序列范围设置为 0 至 0.04。JPY (日元)、GBP (英镑)、AUD (澳元)、CHF (瑞士法郎)、SEK (瑞典克朗)达到的最大值分别为 0.052、0.084、0.077、0.171、0.041。

Figure 1. Sequence diagram of daily volatility of the top nine currencies with the highest daily trading volume from September 2, 2005 to February 13, 2023
图 1. 2005 年 9 月 2 日至 2023 年 2 月 13 日间日交易量最高的前 9 种货币的日波动率序列图

3.2. 网络连通性

继 Diebold & Yilmaz [19] [20]之后，我们在向量自回归(VAR)模型下使用广义 VAR 方差分解(GVD)方法。将货币 j 可以解释货币 i 在水平 H 的预测误差方差的量值由下式定义为：

$$\theta_{ij}^{g}(H)=\frac{\sigma_{jj}^{-1}\sum_{h=0}^{H-1}\left(e'_i A_h \sum e_j\right)^2}{\sum_{h=0}^{H-1}\left(e_i A_h \sum A'_h e_j\right)} \tag{1}$$

其中 σ_{jj} 是第 j 个方程中误差项的标准差，e_j 是选择向量，其中第 j 个元素为 1，其余为 0。我们将货币 j 到 i 的方向连通性定义为：

$$\tilde{\theta}_{ij}^{g}(H)=\frac{\theta_{ij}^{g}(H)}{\sum_{j=1}^{N}\theta_{ij}^{g}(H)} \tag{2}$$

因此，我们引入“From”连通性，即从所有其他货币到货币 i 的总方向连通性作为：

$$C_{i\leftarrow\cdot}^{g}(H)=\sum_{j=1,j\neq 1}^{N}\tilde{\theta}_{ij}^{g}(H) \tag{3}$$

和“To”连通性，即从货币 i 到所有其他货币的总方向连通性作为：

$$C_{i\rightarrow\cdot}^{g}(H)=\sum_{j=1,j\neq 1}^{N}\tilde{\theta}_{ij}^{g}(H) \tag{4}$$

以及“Net”连通性，即货币的“To”和“From”连通性之间的差额，定义为：

$$C_{i}^{g}(H)=C_{i\rightarrow\cdot}^{g}(H)-C_{i\leftarrow\cdot}^{g}(H) \tag{5}$$

其中总连通性可以定义为：

$$C_{total}^{g}(H)=\frac{1}{N}\sum_{i,j=1,i\neq j}^{N}\tilde{\theta}_{ij}^{g}(H) \tag{6}$$

3.3. LASSO-VAR

在使用 VAR 模型时，参数空间将随变量数量的增加呈二次增长。因此，我们使用 Demirer [21]的最小绝对收缩和选择算子向量自回归(LASSSO-VAR)方法以避免过度使用可用的自由度。将 LASSO 所估算的 $\hat{\beta}$ 表示为：

$$\hat{\beta}=\arg\min\left\{\sum_{i=1}^{N}\left(y_i-\sum_j\beta_j x_{ji}\right)^2\right\} \tag{7}$$

其中受约束条件为：

$$\sum_j|\beta_j|^q\leq t \tag{8}$$

等价地，惩罚估计问题是：

$$\hat{\beta}=\arg\min\left[\sum_{i=1}^{N}\left(y_i-\sum_j\beta_j x_{ji}\right)^2+\lambda\sum_j|\beta_j|^q\right] \tag{9}$$

当在原点不可微分的凹惩罚函数诱导选择时，平滑的凸惩罚函数会产生收缩。因此，惩罚估计能够有效嵌套并结合选择和收缩。根据 Demirer [21]我们构建了一个自适应弹性网络，方程如下式所示：

$$\hat{\beta}=\arg\min\left[\sum_{i=1}^{N}\left(y_i-\sum_j\beta_j x_{ji}\right)^2+\lambda\sum_j\omega_j\left(\frac{1}{2}|\beta_j|+\frac{1}{2}\beta_j^2\right)\right] \tag{10}$$

其中，$\omega_i=1/\left|\hat{\beta}_{1,OLS}\right|$ 和 λ 是通过 10 倍交叉验证选择的方程。

4. 结果分析

4.1. 全样本分析

在本节中，我们计算了整个研究期间 35 种货币的静态(全样本)连通性。从结果中，我们发现全球外汇市场的总连通性为 78.54% (高于全球股票市场价值的 39.5% [18])，四种不同的资产(美国股票，债券，外汇和商品市场)总价值为 12.6% [19]，美国金融机构价值 78.3% [26]，加密货币价值为 37.79% [27]，商品价格指数价值为 40% [28]，该值表明全球外汇市场具有高度相关性。“To”连通度在 4.93%和 180.39%之间(相差 175.46%)，“From”连通度在 36.47%和 99.89%之间(相差 63.42%)。为了更好地可视化，表 2 显示了 10 个最高和 5 个最低的“From”、“To”和“Net”的连通性。首先 SGD 的“To”和“Net”关联度最高，分别为 180.39%和 96.99%。其次是 CHF，其“To”和“Net”的连通度排在第二位，分别为 151.28%和 75.28%，而后排在第三位的是 MAD，“To”的连通度为 137.26%，“Net”的连通度为 50.29%。PLN 和 HUF 的“To”和“Net”连通度分别排在第四和第五位。

从“From”连通度来看，ARS 以 99.89%领先，最低的“Net”连通度为−94.96%。其次是 PHP，“From”的连通度为 99.78%，INR 的“From”连通度则为 99.15%。因此，从表 2 可以看出，SGD、CHF、MAD、PLN 和 HUF 是传递溢出冲击到其他市场的 5 个主要来源，也是我们研究中的 5 个最显著的冲击净传递者(按降序排列)。相比之下，ARS 受到其他市场传递溢出冲击的影响最大，也是受到冲击的最大净接受者，

其次是 INR (−79.15%)，PHP (77.79%)和 COP (−65.72%)。

Table 2. Connectivity list for the top 10 and bottom 5 currencies
表 2. 排名最高的 10 种和最低的 5 种货币的连通性列表

排序	货币	From	货币	To	货币	Net
1	ARS	99.8901	SGD	180.3876	SGD	96.9875
2	PHP	99.7786	CHF	151.2779	CHF	75.2855
3	INR	99.1531	MAD	137.2644	MAD	50.2907
4	COP	98.8841	PLN	135.1309	PLN	48.6842
5	CAD	98.7127	HUF	126.5649	HUF	40.9082
6	GBP	97.8183	EUR	125.1320	RON	37.9968
7	NZD	96.8096	DKK	125.0989	CZK	37.6253
8	BGN	93.7898	RON	124.0866	SEK	36.5799
9	EUR	93.5237	CZK	123.4769	DKK	31.8840
10	DKK	93.2149	BGN	123.2695	EUR	31.6083
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	CLP	62.5320	PEN	25.5308	GBP	-41.5584
31	MYR	54.3019	PHP	21.9936	CAD	-43.8010
32	PEN	48.9924	IDR	20.7824	COP	-65.7152
33	CNY	46.3261	INR	19.9997	PHP	-77.7851
34	IDR	42.1075	UGX	15.3907	INR	-79.1534
35	UGX	36.4700	ARS	4.9284	ARS	-94.9616

注：样本期间为 2005 年 9 月 2 日至 2023 年 2 月 13 日，按“From”连通性(表左)、“To”连通性(表中)和“Net”连通性(表右)排列。

表 3 显示了全球外汇市场 10 个最高的成对定向连通性的排名。最高的成对定向连通性是从 ILS 到 COP，占 37.72%，其次是 CHF 到 DKK，占 29.71%。从 10 个最高的成对定向连通性中，我们发现 CHF 对其他欧洲国家具有较高的溢出效应，分别排在第二、第五和第七位(分别是 DKK、EUR 和 BGN)。如果我们观察其他欧洲货币，可以发现有些货币对其他货币也具有相当高的溢出效应，包括对其他欧洲货币和非欧洲货币，例如 SEK-CAD (8.9%)、PLN-HUF (8.63%)和 EUR-MAD (8.44%)，表明这些货币的冲击将对其他货币产生重大影响。

Table 3. Paired directional connectivity list of the top 10 currencies from *j* to *i*
表 3. 前 10 个从货币 *j* 到货币 *i* 的成对定向连通性列表

排序	货币 *j*	货币 *i*	成对定向连接
1	ILS	COP	37.72
2	CHF	DKK	29.71
3	SGD	NZD	28.34
4	SGD	CAD	26.85

Continued

5	CHF	EUR	24.73
6	ZAR	ARS	23.96
7	CHF	BGN	23.44
8	CHF	PHP	22.09
9	SGD	GBP	18.40
10	MXN	INR	9.59

注：样本期间为 2005 年 9 月 2 日至 2023 年 2 月 13 日。

4.2. 滚动窗口分析

图 2 显示了 35 个全球外汇市场的滚动窗口总传递溢出连通性。总传递溢出解释了全球货币在一个时期内的联系。尽管波动性很高，但图 2 显示了整个研究期间的稳定/直线趋势线。总溢出效应最高的时间是 2016 年 9 月，达到 91.41%。次高的总溢出效应是在 2010 年 6 月，当时在欧元区债务危机期间的总溢出效应达到 89.28%。总溢出指数在某些时间与一些重要日期相对应时也有类似的上升，这表明货币确实对全球发生的冲击事件做出了反应。

Figure 2. Rolling window estimation of the total spill index from September 2, 2005 to February 13, 2023
图 2. 2005 年 9 月 2 日至 2023 年 2 月 13 日总溢出指数的滚动窗口估计图

4.3. 网络可视化分析

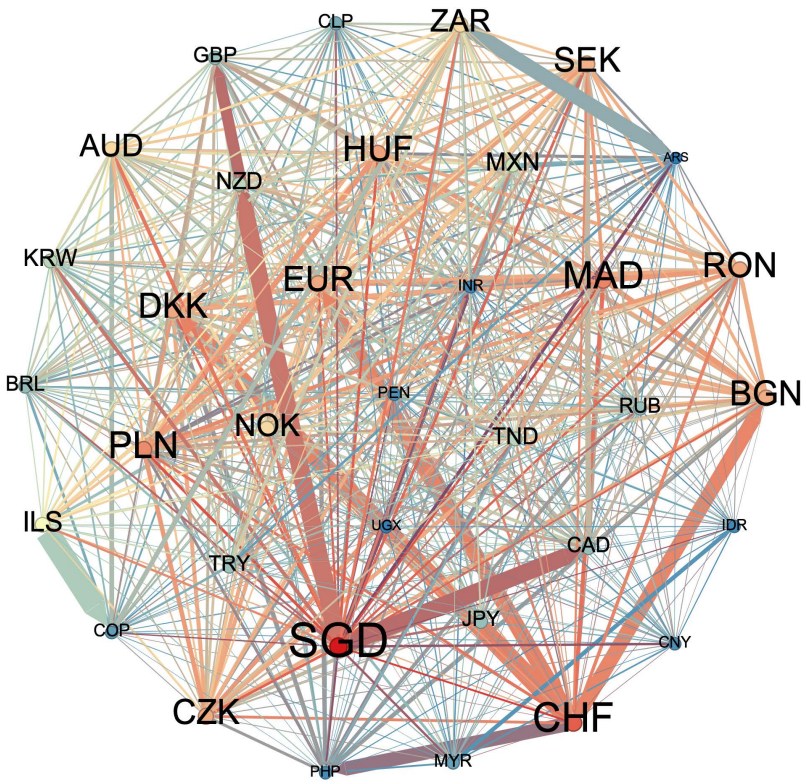
图 3 显示了本研究在整个样本期间的 35 种货币的连通性网络。节点的大小和颜色是根据货币对所有其他货币的溢出的效应强度从高到低设置为从红色到蓝色。边缘的颜色和厚度决定了货币之间的方向溢出。边缘的厚度越厚，则表明连通性越强。从图 3 中，我们首先观察到 SGD 具有最大的节点，这表明它具有很强的溢出效应，从其边缘来看，SGD 与 NZD、CAD 和 GBP 高度相关。CHF 拥有仅次于 SGD 的最大节点，从其边缘来看，CHF 与 DKK、EUR、BGN 和 PHP 高度相连，而 CHF 与一些欧洲货币的紧密联系可以用加拿大与欧盟国家有着紧密的贸易联系来解释。

我们还分析了不同的危机是如何影响全球外汇市场的。通过研究我们发现，在 2007~2009 年全球金融危机(GFC)、2009~2012 年欧元区债务危机(89.28%)、2014~2015 年全球大宗商品价格冲击(80.93%)和最近的 COVID-19 大流行(84.85%)期间，总风险关联度很高。我们将这些危机期间全球外汇市场的网络关

联度可视化。图 4 显示了 GFC 期间的网络连通性。我们可以观察到 EUR (156.42%)、BGN (154.14%)和 DKK (147.25%)具有高溢出效应。实际上，EUR、BGN 和 DKK 是相互连接的，如每种货币的红色边缘和箭头方向所示。BGN 对 EUR 的溢出效应最高，为 6.46%，对 NOK 为 6.169%，对 CAD 为 6.167%。而 DKK 的风险溢出到 EUR、BGN 和 MAD 分别为 7.66%、6.48%、6.42%。

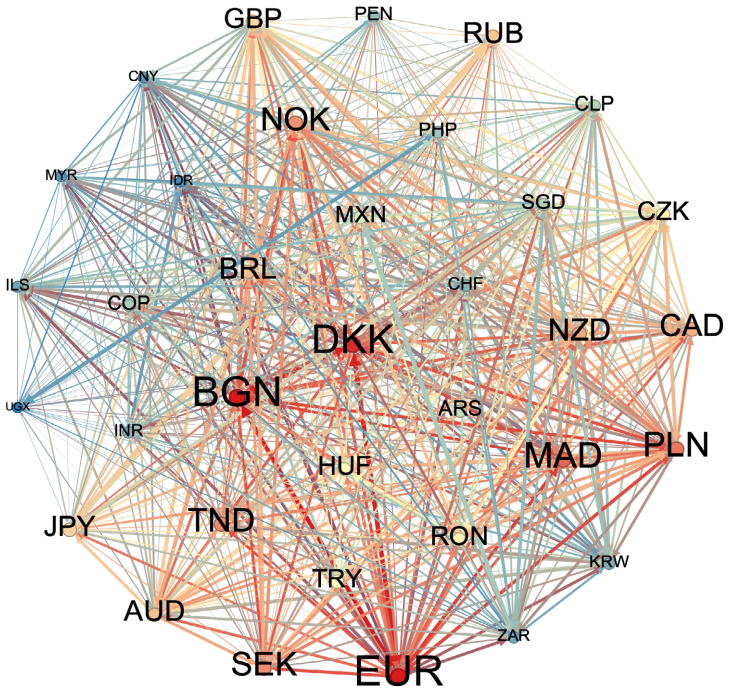
在图 5 中，CNY 在欧元区债务危机期间节点最大(825.32%)，表明人民币对所有货币的冲击效应最高。风险主要来自其他亚洲货币，如 TRY (4.45%)、IDR (2.74%)、KRW (2.53%)、SGD (2.38%)和 MYR (2.22%)。而在图 6 中，我们可以观察到在 2014~2015 年全球大宗商品价格冲击期间，EUR 和 DKK 对其他货币的溢出效应最高，分别为 168.09%和 162.74%。EUR 和 DKK 之间也有很强的联系，EUR 兑 DKK 的汇率为 7.77%，而 DKK 兑 EUR 的汇率为 7.66%。这两种货币都与 BGN，MAD 和 RON 具有定向方向性联系。从 DKK 到 BGN 的风险溢出占 6.48%，对 MAD 的风险溢出占 6.42%，对 RON 的风险溢出占 5.62%。从 EUR 到 BGN 的风险溢出占 7.49%，对 RON 占 6.41%，对 MAD 占 6.16%。在 COVID-19 大流行期间(图 7)，大多数欧洲国家都有较大节点。例如，RON (156.33%)、DKK (144.87%)、EUR (140.31%)、CHF (140.2%)和 BGN (139.37%)。从图 7 的整体红色中可以看出，COVID-19 大流行期间的货币是高度相关的。

在本研究选择的所有危机时期中，EUR、BGN 和 DKK 总是对其他货币产生高溢出效应，欧元区债务危机时期除外。这意味着在危机期间，这些货币的冲击对其他货币的影响将比其他货币更强烈。



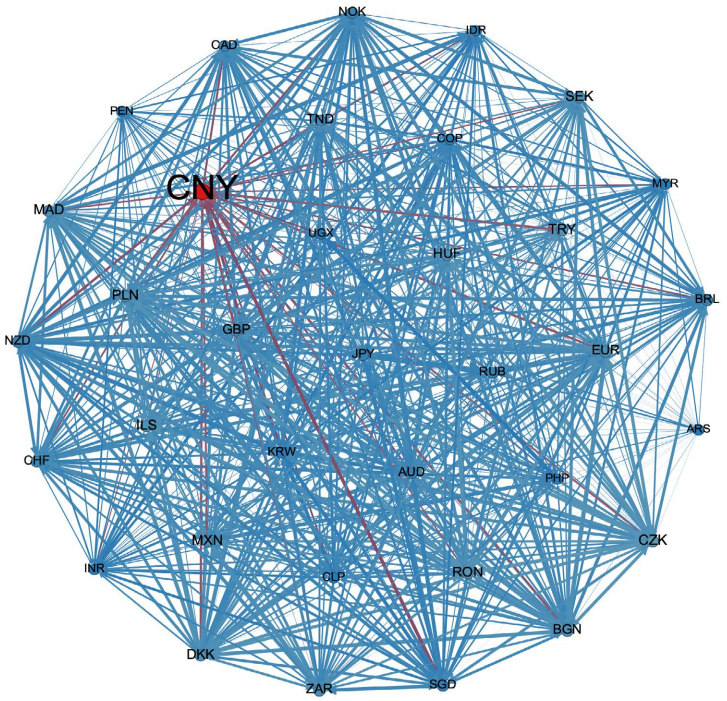
注：节点的大小表示对其他节点的总风险溢出，风险溢出效应由节点的颜色从高到低表示为红色、黄色、绿色和蓝色。全球外汇市场之间从高到低的成对方向连接由线条的粗细(粗到细)和颜色变化(红色到蓝色)来表示。

Figure 3. Schematic diagram of the linkage network of 35 global currencies from September 2, 2005 to February 13, 2023
图 3. 2005 年 9 月 2 日至 2023 年 2 月 13 日期间 35 种全球货币的关联网络示意图



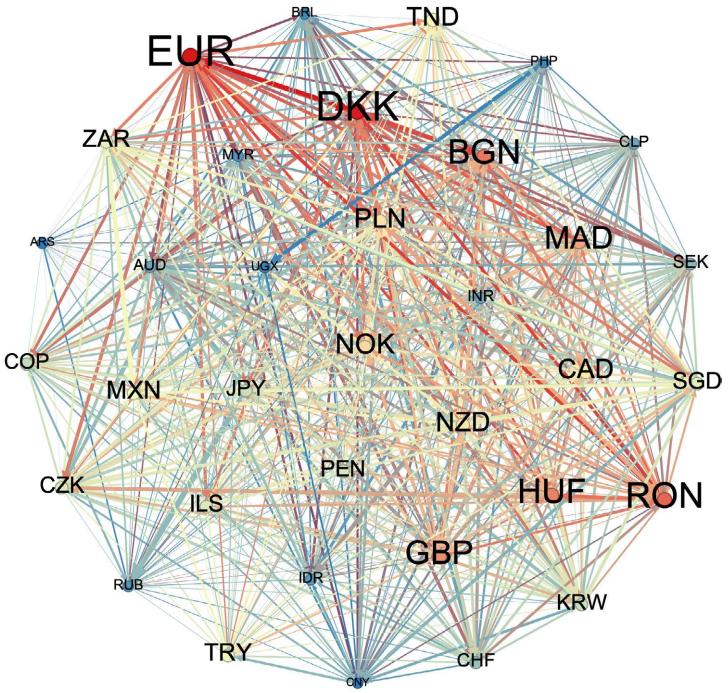
注：节点的大小表示对其他节点的总风险溢出，风险溢出效应由节点的颜色从高到低表示为红色、黄色、绿色和蓝色。全球外汇市场之间从高到低的成对方向连接由线条的粗细(粗到细)和颜色的变化(红色到蓝色)来表示。

Figure 4. Schematic diagram of the correlation network of 35 global currencies during the 2007~2009 global financial crisis
图 4. 2007~2009 年全球金融危机期间 35 种全球货币的关联网络示意图



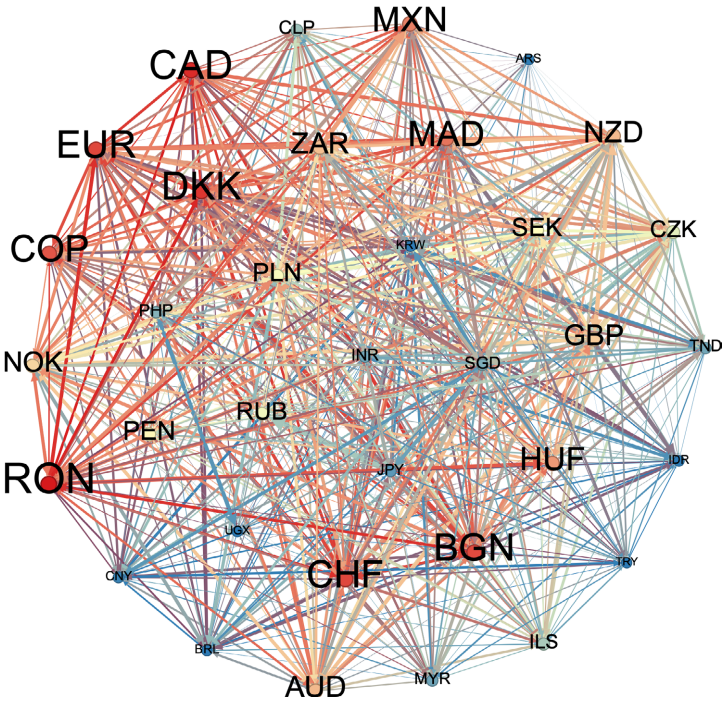
注：节点的大小表示对其他节点的总风险溢出，风险溢出效应由节点的颜色(从高到低)表示为红色、黄色、绿色和蓝色。全球外汇市场之间从高到低的成对方向连接由线条的粗细(粗到细)和颜色的变化(红色到蓝色)来表示。

Figure 5. Schematic diagram of the correlation network of 35 global currencies during the 2009~2012 euro zone debt crisis
图 5. 2009~2012 年欧元区债务危机期间 35 种全球货币的关联网络示意图



注：节点的大小表示对其他节点的总风险溢出，风险溢出效应由节点的颜色从高到低表示为红色、黄色、绿色和蓝色。全球外汇市场之间从高到低的成对方向连接由线条的粗细(粗到细)和颜色的变化(红色到蓝色)来表示。

Figure 6. Schematic diagram of the correlation network of 35 global currencies during the global commodity price shock in 2015
图 6. 2015 年全球大宗商品价格冲击期间 35 种全球货币的关联网络示意图



注：节点的大小表示对其他节点的总风险溢出，风险溢出效应由节点的颜色从高到低表示为红色、黄色、绿色和蓝色。全球外汇市场之间从高到低的成对方向连接由线条的粗细(粗到细)和颜色的变化(红色到蓝色)来表示

Figure 7. Schematic diagram of the correlation network of 35 global currencies during the COVID-19 pandemic
图 7. COVID-19 大流行期间 35 种全球货币的关联网络示意图

5. 结语

在本文中，为了更加具体研究外汇市场的风险，我们收集了 35 种不同外汇货币的每日收盘价数据，并对数据进行进一步处理获得对数收益，提高了样本的丰富性和结果的综合性和准确性。同时本文采用 LASSO-VAR 的分析方法研究了 2005 年 9 月至 2023 年 2 月期间的全球外汇传递溢出效应和连通性。研究结果总结如下：

- 全球外汇市场具有高度互联性，其关联性达到 78.54%，高于全球股票市场价值的 39.5%，即使与其他市场和资产相比也是如此：四种不同的资产(美国股票，债券，外汇和商品市场)总价值为 12.6%，美国金融机构价值 78.3% (略低于中国金融机构的 85.53%)，加密货币价值为 37.79%，商品价格指数价值为 40%。这意味着大多数货币会相互影响，特别是在发生危机时。
- SGD、CHF 和 MAD 是最主要的冲击净传递者，其中 SGD 的净传递效应最显著，连通性达到 96.99%。而 ARS、INR 和 PHP 则是主要的冲击净接收者，其中 ARS 的净接收效应最为显著，连通性为 94.96%。
- 在成对定向连通性的分析结果中，我们发现 CHF 对其他欧洲国家具有较高的溢出效应，同时存在部分货币对其他货币也具有相当高的溢出效应，包括对其他欧洲货币和非欧洲货币。
- 在整个样本期以及全球金融危机、全球大宗商品价格冲击和 COVID-19 大流行期间，欧洲国家都产生了重大的溢出冲击效应。
- 在网络可视化分析中直观展现了不同危机对于全球外汇市场的具体影响。我们发现在 2007~2009 年全球金融危机期间 EUR、BGN 和 DKK 具有高溢出效应，在 2009~2012 年欧元区债务危机期间人民币对所有货币的冲击效应最高，在 2014~2015 年全球大宗商品价格冲击期间 EUR 和 DKK 对其他货币的溢出效应最高，而在最近的 COVID-19 大流行期间从整体上看货币都是高度相关的。

这些研究发现为投资者在国际投资组合中管理其外汇风险敞口提供了有用信息。从政策制定者的角度来看，确定冲击的净接收者和净传递者将有助于世界各国政府制定相关政策以减轻冲击所带来的不良影响。

基金项目

江苏省社会科学基金青年项目“‘双支柱’框架下基于机器学习的货币政策调控模式创新研究”(20EYC011)；教育部人文社会科学研究青年基金项目“中国股票市场重大风险的生成机理、甄别与治理研究——基于市场流动性供需失衡视角”(18YJC790226)；国家自然科学基金“金融市场异常波动的共振效应及其智能监控研究”(71903097)；江苏省基础研究计划(自然科学基金)“金融资产价格极端波动的共振机理及其风险防范研究”(BK20190767)；中国博士后科学基金特别资助“基于流动性供需失衡的中国股票市场‘高波动之谜’研究”(2021T140335)；中国博士后科学基金面上资助“宏观经济动量研究”(2021M691635)。

参考文献

[1] Omrane, W.B., Tao, Y. and Welch, R. (2017) Scheduled Macro-News Effects on a Euro/Us Dollar Limit Order Book around the 2008 Financial Crisis. *Research in International Business and Finance*, **42**, 9-30. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.05.003

[2] Kenourgios, D., Papadamou, S. and Dimitriou, D. (2015) Intraday Exchange Rate Volatility Transmissions across QE Announcements. *Finance Research Letters*, **14**, 128-134. https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.05.007

[3] Coudert, V., Couharde, C. and Mignon, V. (2015) On the Impact of Volatility on the Real Exchange Rate—Terms of Trade Nexus: Revisiting Commodity Currencies. *Journal of International Money and Finance*, **58**, 110-127. https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2015.08.007

[4] Goddard, J., Kita, A. and Wang, Q. (2015) Investor Attention and FX Market Volatility. *Journal of International Fi-*

nancial Markets, Institutions and Money, **38**, 79-96. https://doi.org/10.1016/j.intfin.2015.05.001

[5] Hung, N.T. (2021) Volatility Behaviour of the Foreign Exchange Rate and Transmission among Central and Eastern European Countries: Evidence from the EGARCH Model. *Global Business Review*, **22**, 36-56. https://doi.org/10.1177/0972150918811713

[6] Van der Westhuizen, C., van Eyden, R. and Aye, G.C. (2022) Contagion across Financial Markets during Covid-19: A Look at Volatility Spillovers between the Stock and Foreign Exchange Markets in South Africa. *Annals of Financial Economics*, **17**, 1-46. https://doi.org/10.1142/S2010495222500026

[7] Kenourgios, D., Papadamou, S. and Dimitriou, D. (2015) On Quantitative Easing and High Frequency Exchange Rate Dynamics. *Research in International Business and Finance*, **34**, 110-125. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2015.01.003

[8] Kilic, E. (2017) Contagion Effects of U.S. Dollar and Chinese Yuan in Forward and Spot Foreign Exchange Markets. *Economic Modelling*, **62**, 51-67. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.01.005

[9] Salisu, A.A. and Ayinde, T.O. (2018) Testing for Spillovers in Naira Exchange Rates: The Role of Electioneering & Global Financial Crisis. *Borsa Istanbul Review*, **18**, 341-348. https://doi.org/10.1016/j.bir.2018.07.007

[10] Boako, G. and Alagidede, P. (2017) Currency Price Risk and Stock Market Returns in Africa: Dependence and Downside Spillover Effects with Stochastic Copulas. *Journal of Multinational Financial Management*, **41**, 92-114. https://doi.org/10.1016/j.mulfin.2017.06.001

[11] Kumar, S., Tiwari, A.K., Chauhan, Y. and Ji, Q. (2019) Dependence Structure between the Brics Foreign Exchange and Stock Markets Using the Dependence-Switching Copula Approach. *International Review of Financial Analysis*, **63**, 273-284. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.12.011

[12] Wang, G.J., Wan, L., Feng, Y., *et al*. (2023) Interconnected Multilayer Networks: Quantifying Connectedness among Global Stock and Foreign Exchange Markets. *International Review of Financial Analysis*, **86**, Article ID: 102518. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102518

[13] Mensi, W., Ali, S.R.M, Vo, X.V., *et al*. (2022) Multiscale Dependence, Spillovers, and Connectedness between Precious Metals and Currency Markets: A Hedge and Safe-Haven Analysis. *Resources Policy*, **77**, Article ID: 102752. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102752

[14] Mensi, W., Shafiullah, M., Vo, X.V., *et al*. (2022) Asymmetric Spillovers and Connectedness between Crude Oil and Currency Markets Using High-Frequency Data. *Resources Policy*, **77**, Article ID: 102678. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102678

[15] Nekhili, R., Mensi, W. and Vo, X.V. (2021) Multiscale Spillovers and Connectedness between Gold, Copper, Oil, Wheat and Currency Markets. *Resources Policy*, **74**, Article ID: 102263. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102263

[16] Andrada-félix, J., Fernandez-Perez, A. and Sosvilla-Rivero, S. (2020) Distant or Close Cousins: Connectedness between Cryptocurrencies and Traditional Currencies Volatilities. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, **67**, Article ID: 101219. https://doi.org/10.1016/j.intfin.2020.101219

[17] Raza, S.A., Ahmed, M. and Aloui C. (2022) On the Asymmetrical Connectedness between Cryptocurrencies and Foreign Exchange Markets: Evidence from the Nonparametric Quantile on Quantile Approach. *Research in International Business and Finance*, **61**, Article ID: 101627. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101627

[18] Diebold, F.X. and Yilmaz, K. (2009) Measuring Financial Asset Return and Volatility Spillovers, with Application to Global Equity Markets. *The Economic Journal*, **119**, 158-171. https://academic.oup.com/ej/article/119/534/158-171/5089555 https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2008.02208.x

[19] Diebold, F.X. and Yilmaz, K. (2012) Better to Give than to Receive: Predictive Directional Measurement of Volatility Spillovers. *International Journal of Forecasting*, **28**, 57-66. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006

[20] Diebold, F.X. and Yilmaz, K. (2014) On the Network Topology of Variance Decompositions: Measuring the Connectedness of Financial Firms. *Journal of Econometrics*, **182**, 119-134. https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2014.04.012

[21] Demirer, M., Diebold, F.X., Liu, L., *et al*. (2018) Estimating Global Bank Network Connectedness. *Journal of Applied Econometrics*, **33**, 1-15. https://doi.org/10.1002/jae.2585 Https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jae.2585

[22] Huynh, T.L.D., Nasir M.A. and Nguyen, D.K. (2020) Spillovers and Connectedness in Foreign Exchange Markets: The Role of Trade Policy Uncertainty. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, **87**, 191-199. https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.09.001

[23] Fasanya, I.O., Oyewole, O. and Adekoya, O.B., *et al*. (2020) Dynamic Spillovers and Connectedness between Covid-19 Pandemic and Global Foreign Exchange Markets. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, **34**, 2059-2084. https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1860796

[24] Wang, G.J., Xie, C., Jiang, Z.Q., *et al*. (2016) Who Are the Net Senders and Recipients of Volatility Spillovers in China's Financial Markets?. *Finance Research Letters*, **18**, 255-262. https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.04.025

[25] Kang, S.H. and Lee, J.W. (2019) The Network Connectedness of Volatility Spillovers across Global Futures Markets. *Physica A*: *Statistical Mechanics and Its Applications*, **526**, Article ID: 120756. https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.03.121

[26] Diebold, F.X. and Yilmaz, K. (2014) On the Network Topology of Variance Decompositions: Measuring the Connectedness of Financial Firms. *Journal of Econometrics*, **182**, 119-134.

[27] Yi, S., Xu, Z. and Wang, G.J. (2018) Volatility Connectedness in the Cryptocurrency Market: Is Bitcoin a Dominant Cryptocurrency? *International Review of Financial Analysis*, **60**, 98-114. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/s1057521918304095 https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.08.012

[28] Diebold, F.X., Liu, L. and Yilmaz, K. (2017) Commodity Connectedness. *SSRN Electronic Journal*, 1-27. Https://www.nber.org/papers/w2368 https://doi.org/10.3386/w23685