

DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-5-182-194  
 УДК 339.7.01(045)  
 JEL G15, G17

## Трансмиссия системного риска между банковскими системами стран Азиатско-Тихоокеанского региона и России

С.А. Дзюба<sup>а</sup>, В.С. Тишковец<sup>б</sup>, М.А. Щепелева<sup>с</sup>

<sup>а,б</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия;

<sup>с</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия;

<sup>с</sup> МГИМО МИД России, Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Предмет** данного исследования – механизмы передачи системного риска между финансовыми секторами разных стран. **Цель** работы состоит в определении топологических характеристик сети, связывающей банковские системы стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) и России. Учитывая возрастающую роль стран этого региона на мировом финансовом рынке, его подверженность кризисам может быть опасна для других стран. Это определяет **актуальность** нашего исследования. Для построения сети мы использовали **данные** по показателям SRISK, отражающие потери капитала финансовых институтов в случае крупномасштабного кризиса. Сети были построены с использованием алгоритма NETS, предложенного Бариготци и Браунлисом в 2019 г. В основе этого **метода** лежит построение разреженных векторных авторегрессий, оцениваемых по методу LASSO. В результате применения алгоритма мы получаем две сети – одновременных взаимосвязей и с использованием лагированных значений переменных. Сети были построены для временного периода 2005–2020 гг. и отдельно для подпериодов, включающих глобальный финансово-экономический кризис (2005–2013 гг.) и период пандемии COVID-19 (2014–2020 гг.). Судя по полученным **результатам**, сети на всем рассматриваемом временном горизонте являлись достаточно уязвимыми по отношению к внешним рискам. К крупнейшим донорам шоков в этом регионе были отнесены Китай, Япония, Сингапур и Тайвань. Россия на горизонте 2014–2020 гг. выступала в качестве акцептора рисков. Сделан **вывод**, что усиление/ослабление сотрудничества с крупнейшими экспортерами рисков в этом регионе для России может означать повышение/снижение вероятности заражения системным риском.

**Ключевые слова:** системный риск финансового сектора; сетевой анализ; разреженные векторные авторегрессии; тест Гранжера; топология сетевого взаимодействия; центральность

**Для цитирования:** Дзюба С.А., Тишковец В.С., Щепелева М.А. Трансмиссия системного риска между банковскими системами стран Азиатско-Тихоокеанского региона и России. *Финансы: теория и практика*. 2023;27(5):182-194. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-5-182-194

## Transmission of Systemic Risk Between the Banking Systems of Asia-Pacific Countries and Russia

S.A. Dzuba<sup>а</sup>, V.S. Tishkovetz<sup>б</sup>, M.A. Shchepelova<sup>с</sup>

<sup>а,б</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;

<sup>с</sup> National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia;

<sup>с</sup> MGIMO of the Ministry of Foreign Affairs of Russia, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**The subject** of this research is systemic risk transmission between financial sectors in the international financial market. **The purpose** of our paper is to determine topology characteristics for the network connecting banking systems in the Asia-Pacific region (APR) and Russia. Given the growing role of this region in the global financial market, its susceptibility to crises can be dangerous for other countries. This determines the **relevance** of our study. To build the network, we used the SRISK indicators, which reflect capital losses in the financial institutions' capital losses in case of a large-scale crisis. The networks were built with the use of the NETS algorithm, proposed by Barigozzi, M., & Brownlees, C. (2019). This **method** is based on sparse vector autoregressions estimated by LASSO. As a result of the application the algorithm, we get two networks – simultaneous interconnections and using the values of the lagged variables. The networks were

constructed for the 2005–2020 time period and separately for sub-periods including the global financial crisis (2005–2013) and the COVID-19 pandemic period (2014–2020). Based on the **results** obtained, the networks over the entire time period seem to be quite susceptible to external risks. China, Japan, Singapore and Taiwan are the largest shock donors in this region. Russia mainly accepts risks, generated by other countries, in the period 2014–2020. Strengthened/weakened cooperation with the largest risk exporters in this region will increase/decrease the likelihood of systemic risk transfer to the Russian financial sector.

**Keywords:** systemic risk in the financial sector; network analysis; sparse vector autoregressions; Granger causality test; network topology; centrality

**For citation:** Dzyuba S.A., Tishkovets V.S., Shchepelleva M.A. Transmission of systemic risk between the banking systems of Asia-Pacific countries and Russia. *Finance: Theory and Practice*. 2023;27(5):182-194. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-5-182-194

## ВВЕДЕНИЕ

Проблематика системного риска финансового сектора стала активно разрабатываться исследователями после глобального финансово-экономического кризиса 2007–2009 гг. Разрушительные последствия в результате реализации системного риска в финансовом секторе США в этот период были связаны с затяжной рецессией внутри страны, а также стремительным распространением рисков на другие страны. Данная работа посвящена изучению последнего упомянутого негативного аспекта системных кризисов, а именно — трансмиссии рисков между финансовыми секторами разных стран.

Высокая взаимозависимость финансовых институтов как внутри национальных финансовых систем, так и на международном уровне, способствует развитию финансового сектора, но, с другой стороны, создает предпосылки для возможного кризиса из-за возрастающего риска заражения. Более того, проблемы, возникшие в финансовом секторе, могут распространиться и на реальную экономику, вызвав снижение темпов промышленного производства, рост цен, увеличение безработицы.

В 1997–1998 гг. азиатские страны испытали на себе, как быстро может протекать финансовое заражение. На данный момент важно проанализировать, возможно ли повторение подобных событий в будущем, по каким каналам может происходить заражение сегодня, с какой скоростью риск может перекидываться на другие страны. Кроме того, учитывая, что страны АТР занимают все более весомые позиции на мировом финансовом рынке, подверженность этого региона кризисам может быть потенциально опасна и для других стран. Все это определяет актуальность нашего исследования, цель которого состоит в выявлении характеристик сети, связывающей банковские системы стран АТР и России.

В нашей работе для построения сети использовались данные по показателю SRISK, получен-

ные с сайта Volatility Laboratory<sup>1</sup>. Индекс SRISK на данный момент признан наиболее точным показателем, отражающим потери отдельных институтов в случае крупномасштабного кризиса [1]. Показатели для стран мы получили путем суммирования значений SRISK для крупнейших национальных банков. Для построения сети применялся алгоритм NETS, предложенный М. Varigozzi и С. Brownlees [2]. Он основан на построении разреженных векторных авторегрессий, оцениваемых по методу LASSO.

Результаты анализа говорят о том, что сеть банковских систем рассматриваемого региона характеризуется высоким уровнем взаимозависимости. Такая плотность в целом свидетельствует о том, что система является достаточно уязвимой по отношению к внешним шокам. При этом есть четыре страны, оказывающих ключевое влияние на финансовую стабильность всего региона, — это Китай, Япония, Сингапур и Тайвань.

Также мы рассмотрели, как изменялась структура сети в период глобального финансово-экономического кризиса и локдауна, вызванного пандемией COVID-19. По нашим расчетам, в последний период с января 2014 по декабрь 2020 г. увеличился индикатор плотности сети, что говорит о нарастающей уязвимости внутри данного региона. Количество взаимных связей увеличилось по сравнению с периодом глобального финансового кризиса. Также было обнаружено, что число «влиятельных» узлов, которые фактически могут являться «донорами» шоков, возросло. Если в период с января 2005 по декабрь 2013 г. в качестве наиболее крупного распространителя шоков был только Сингапур, то в период пандемии список «доноров» также пополнили Япония, Таиланд, Тайвань и Гонконг.

Данное исследование призвано дополнить литературу, изучающую трансмиссию риска меж-

<sup>1</sup> URL: <https://vlab.stern.nyu.edu/> (дата обращения: 20.06.2022).

ду финансовыми секторами разных стран. На примере стран АТР мы выявили, как могут изменяться свойства сети под влиянием различных кризисных эпизодов, а также определили, какие страны являются донорами и акцепторами риска. Новым элементом в нашей работе является использование для изучения передачи риска не «сырых» показателей, типа доходностей или волатильности, а эксплицитных показателей риска — индексов SRISK.

Работа структурирована следующим образом. В первом разделе представлен обзор литературы, посвященной применению сетевого подхода в финансах. Далее следует описание данных и методология исследования. В третьем разделе представлен анализ полученных результатов. В четвертом — резюме и направления дальнейшего исследования.

### ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОСВЯЩЕННЫХ ТРАНСМИССИИ РИСКОВ В ФИНАНСОВОМ СЕКТОРЕ

В течение последних лет сетевой анализ активно используется в исследованиях по финансам. В его основе лежит представление объектов системы в виде узлов графа, а наличие взаимосвязей между ними — в виде ребер.

Большинство теоретических исследований, посвященных сетевому анализу финансового сектора, изучает, как плотность сети и ее форма могут влиять на риск заражения и вероятность системного кризиса.

Основополагающей работой в этом направлении является исследование F. Allen и D. Gale [3], в котором авторы пришли к выводу о том, что «полные» системы, где каждый объект имеет связи с другими, являются более устойчивыми. Подобное мнение было также поддержано в работе [4].

Позднее, в 2007 г., E. Nier с коллективом соавторов [5] расширили модель F. Allen и D. Gale, используя симуляционный подход, и пришли к обратному выводу: они обнаружили немонотонную зависимость между степенью взаимосвязанности участников сети и вероятностью заражения. Впоследствии M. Čihák и соавторы [6] показали, что зависимость между степенью взаимосвязанности системы и ее стабильностью можно представить в виде буквы М.

В 2015 г. P. Glasserman и H. P. Young [7] в своем исследовании продемонстрировали, что даже небольшие изменения во взаимосвязанности банков могут приводить к непропорционально

большому росту риска заражения. Кроме того, согласно расчетам авторов, убытки в системах с высокой степенью взаимосвязанности в результате заражения оказываются, напротив, выше, чем в неполных системах. В работе [8] также было показано, что, когда величина шока переходит некоторый порог, сеть большей плотности становится более хрупкой.

Стоит также отметить, что источник начального шока и степень однородности участников могут играть важную роль в определении ее устойчивости. В работе [9] авторы считают, что последствия для банковской системы при реализации шоков будут существенно отличаться в зависимости от того, в какой точке сети эти шоки возникли.

Большое количество эмпирических исследований касается глобального финансового рынка. Одна из наиболее известных работ в этом направлении — исследование С. Minoiu и J. A. Reyes [10], где рассматривается сеть на основе данных по трансграничным операциям заимствования/кредитования между банками для 184 стран за период 1978–2009 гг. Результаты анализа показали, что сеть в целом характеризовалась высокой степенью взаимосвязанности, а значит, и нестабильностью, особенно накануне кризиса 2007–2009 гг. В ряде других работ также анализируется топология глобального финансового рынка в период кризиса 2007–2009 гг. и подтверждаются выводы, сделанные в исследованиях [10–13].

Однако позже исследователи [14], наоборот, пришли к выводу о том, что связанность в глобальной банковской сети уменьшилась, в то время как возросла степень взаимозависимости между участниками в региональных сетях, и эту тенденцию определяли в большей степени такие страны, как Австралия, Канада, Гонконг, Сингапур.

Данное исследование призвано рассмотреть характеристики региональной сети, включающей страны АТР и Россию.

Самые первые работы, использующие сетевой подход в отношении стран Азии, были посвящены изучению взаимосвязей азиатских рынков в период Азиатского финансового кризиса 1997–1998 гг. В работе [15] представлен полный обзор литературы по анализу заражения в этот период. Для построения сетей использовались различные статистические и эконометрические методы — анализ корреляционных взаимосвязей [16], тесты на причинно-следственную связь по Гранжеру [17], квантильные регрессии [18].

Впоследствии для построения сетей стали использоваться и более продвинутые методы,

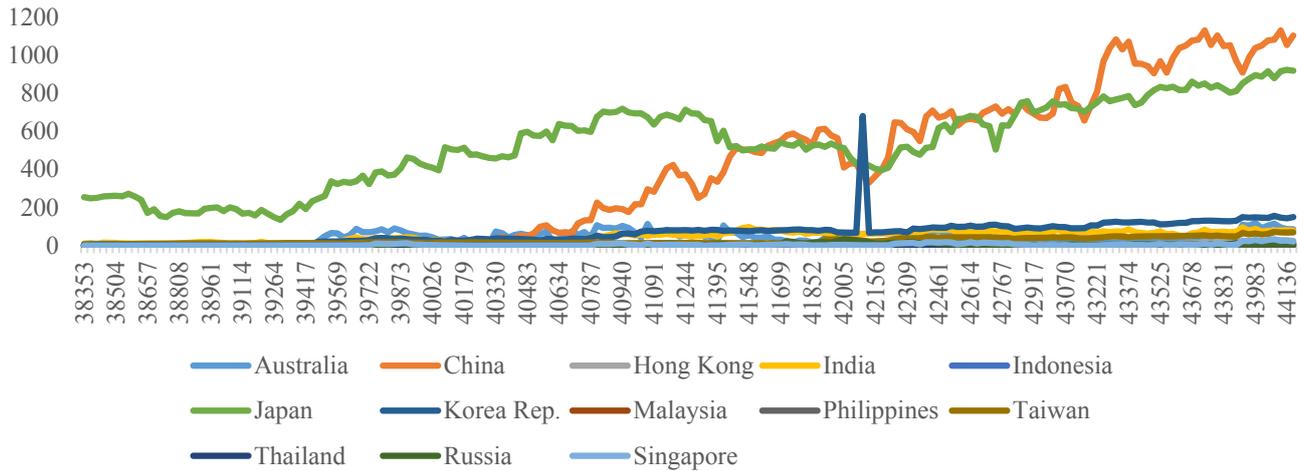


Рис. 1 / Fig. 1. Динамика национальных показателей SRISK в период 01.01.2005–31.12.2020 гг. / Dynamics of the National SRISK Indicators in 01.01.2005–31.12.2020

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

в частности GARCH [19–22], динамические условные корреляции [23], модели векторной авторегрессии [24–26]; копулы [27, 28]. Несмотря на то что методов построения сетей достаточно много, когда речь идет о причинно-следственных зависимостях между участниками, чаще всего используются векторные авторегрессии и тесты Гранжера, учитывая тем не менее, что сама эта концепция отражает, скорее всего, временные корреляционные взаимосвязи, а не реальную причинность.

## ДАнные И МЕТОДОЛОГИЯ

Для анализа трансмиссии риска между странами АТР и России применяется методология, предложенная М. Varigozzi и С. Brownlee [2]<sup>2</sup>.

В качестве данных для построения сети мы использовали ежемесячные значения индексов SRISK, взятых с сайта Volatility Laboratory. Показатель SRISK для отдельного банка представляет собой величину потерь капитала данного института при условии катастрофического сценария на финансовом рынке. Наша выборка охватывает 12 стран АТР, в том числе Россию<sup>3</sup>. Период исследования — с 1 января 2005 по 31 декабря 2020 г., что дает 192 наблюдения по каждой стране.

На рис. 1 можно проследить динамику национальных показателей SRISK. Видно, что с начала

международного финансово-экономического кризиса 2007–2009 гг. национальные показатели системного риска демонстрируют тенденцию к росту. При этом уровень SRISK у стран разных и зависит от характеристик банковских систем этих стран. Наибольшие значения SRISK отмечаются у Японии и Китая.

На первом шаге анализа для «очищения» национальных показателей SRISK от влияния обще-рыночных колебаний мы прорегрессировали эти показатели на три глобальных фактора — индекс волатильности VIX, показатель глобального кредитного риска TED Spread и кривую доходности США. Остатки из регрессий будут в дальнейшем использоваться как показатели, отражающие чистую динамику риска в рассматриваемых странах. Построенная на первом шаге регрессия имеет следующий вид:

$$SRISK = \alpha + \beta_1 VIX + \beta_2 TED + \beta_3 US\_YIELD + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где VIX — индекс волатильности Чикагской биржи опционов. Он отражает волатильность цен опционов на индекс S&P 500; TED — дифференциал между краткосрочной процентной ставкой по межбанковским кредитам и процентной ставкой по казначейским векселям; US\_YIELD — кривая доходности США, отражающая ожидания инвесторов относительно будущей структуры процентных ставок;  $\varepsilon_i$  — остатки в регрессионной модели [29–31].

Далее мы строим разреженные векторные авторегрессии на основе остатков, полученных из регрессий на предыдущем шаге. Коэффициенты

<sup>2</sup> Расчеты были реализованы в пакете NETS для языка R.

<sup>3</sup> В состав выборки вошли Австралия, Китай, Гонконг, Индия, Индонезия, Япония, Южная Корея, Малайзия, Филиппины, Тайвань, Таиланд, Россия и Сингапур.

разреженной модели, согласно алгоритму *NETS*, оцениваются с помощью LASSO, функция потерь которого включает штраф, зависящий от параметра регуляризации  $\lambda_T$ . В уравнении (2) представлена стандартная функция потерь для метода LASSO, в уравнении (3) — формула для оценки коэффициентов при переменных на основании LASSO.

$$\ell(\theta, y_t, c) = \sum_{i=1}^n \left( y_{it} - \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n \beta_{ijk} y_{jt-k} - \sum_{\substack{h=1 \\ h \neq i}}^n \gamma_{ih} y_{ht} \right)^2, \quad (2)$$

$$\hat{\theta}_T = \arg \min_{\theta \in \mathbb{R}} \left\{ \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ell(\theta, y_t, c) + \lambda_T \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n \frac{|\alpha_{ij}|}{|\hat{\alpha}_{Tijk}|} + \lambda_T \sum_{\substack{h=1 \\ h \neq i}}^n \frac{|\rho^{ih}|}{|\hat{\rho}_T^{ih}|} \right\}. \quad (3)$$

Выбор оптимального значения параметра регуляризации  $\lambda_T$  осуществлялся на основе критериев Акаике и Байеса, и в нашем случае был установлен на уровне 0,001.

В результате построения разреженной VAR мы получаем матрицу коэффициентов частных корреляций, отражающих одновременные взаимосвязи между объектами, а также матрицу коэффициентов, рассчитываемых на основе теста Гранжеру. VAR-модель может быть описана следующим образом:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n \left( \alpha_{ijk} - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq i}}^n \rho^{il} \sqrt{\frac{c_{ll}}{c_{ii}}} \alpha_{ljk} \right) y_{jt-k} + \sum_{\substack{h=1 \\ h \neq i}}^n \left( \rho^{ih} \sqrt{\frac{c_{hh}}{c_{ii}}} \right) y_{ht} + u_{it}. \quad (4)$$

где  $y_{it}$  — остатки из МНК-регрессий, построенных на первом шаге;  $\alpha$  — авторегрессионный параметр;  $\rho$  — частные коэффициенты корреляции;  $c$  — элементы диагонали матрицы концентрации;  $k$  — лаг модели, который в нашем случае равен 1.

Первое слагаемое в уравнении описывает взаимосвязи по Гранжеру, второе — одновременные зависимости между объектами. Используя матрицы сопряжения для этого уравнения, можно построить неориентированный граф, отражающий одновременные взаимосвязи между объектами, и направленный граф — для взаимосвязей по Гранжеру.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам расчетов мы имеем две сети — сеть одновременных взаимосвязей, полученную с помощью частных коэффициентов корреляции, а также сеть взаимосвязей по Гранжеру, в которой использовались лаги индексов SRISK.

Для начала представим общую характеристику сетей на основе различных топологических показателей (*табл. 1*).

Мера плотности сети вычисляется как отношение реально существующих связей в сети к максимально возможному количеству связей, а коэффициент кластеризации характеризует общую тенденцию к формированию внутренне взаимосвязанных групп внутри сети. Как видно из *табл. 1*, эти показатели имеют близкое к 1 значение для сети взаимосвязей по Гранжеру. Это говорит о том, что граф плотно сгруппирован, т.е. шоки могут «заразить» достаточно большое количество стран. При этом наименьшее среднее расстояние между узлами равно 1,05, а диаметр сети, т.е. максимальное расстояние между узлами, равно 2. Эти два показателя дают нам представление о минимальной и максимальной скорости распространения потенциального шока в сети. Высокую степень взаимозависимости стран в этом регионе подтверждает также доля взаимных связей, которая составляет 95% от всего возможного количества связей. Коэффициент ассортативности отражает тенденцию узлов сети присоединяться к другим узлам, схожим по некоторым характеристикам. В нашем случае в сети взаимосвязей по Гранжеру не наблюдается тенденция к объединению стран по схожим признакам.

Сеть одновременных взаимосвязей, как следует из *табл. 1*, более разреженная (мера плотности равна 0,5), а значит, более устойчивая к внешним шокам.

Для определения степени «важности» отдельных вершин в графе используют разные меры центральности. Для сети одновременных взаимосвязей нам не удалось выявить центральные узлы, а для сети взаимосвязей по Гранжеру соответствующие показатели приведены в *табл. 2*.

Наиболее часто используемыми показателями для характеристики «важных» узлов являются центральность по степеням, по посредничеству и по собственному вектору. Чем выше показатель центральности по степеням, тем больше у узла связей с другими узлами. Показатель центральности по посредничеству характеризует роль данного узла на пути между другими узлами сети.

Таблица 1 / Table 1

**Основные показатели структуры сети за период 01.01.2005–01.01.2020 гг. / Main Topological Indicators for the Network in 01.01.2005–01.01.2020**

	Сеть одновременных взаимосвязей / Contemporaneous linkages	Сеть взаимосвязей по Гранжеру / Granger linkages
Мера плотности	0,5	0,95
Коэффициент кластеризации	1	0,99
Доля взаимных связей	1	0,96
Количество взаимных связей	78	71
Количество асимметричных связей	0	6
Отсутствие взаимосвязи	0	1
Диаметр	1	2
Среднее расстояние между узлами	1	1,05
Ассортативность	–	–0,10

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

Таблица 2 / Table 2

**Показатели центральности для сети взаимосвязей по Гранжеру за период 01.01.2005–31.12.2020 гг. / Centrality Indicators for the Network of Granger Causalities in 01.01.2005–31.12.2020**

	Degree	Closeness	Betweenness	Eigenvector	Bonachich	Alpha
Австралия	23	0,083	0,455	0,966	0,079	–0,082
Китай	24	0,083	0,788	1,000	0,079	–0,122
Гонконг	22	0,077	0,606	0,925	0,076	–0,082
Индия	22	0,077	0,606	0,928	0,080	–0,082
Индонезия	22	0,077	0,606	0,925	0,076	–0,082
Япония	24	0,083	0,788	1,000	0,079	–0,122
Республика Корея	23	0,083	0,455	0,966	0,079	–0,082
Малайзия	22	0,077	0,364	0,928	0,074	–0,082
Филиппины	20	0,067	0,364	0,847	0,068	–0,082
Россия	23	0,077	0,697	0,961	0,074	–0,122
Сингапур	24	0,083	0,788	1,000	0,079	–0,122
Тайвань	24	0,083	0,788	1,000	0,079	–0,122
Таиланд	23	0,083	0,697	0,961	0,079	–0,061

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

Высокий показатель говорит о том, что данный узел может служить каналом передачи шоков. Центральность по собственному вектору принимает во внимание как центральность самого узла, так и центральность его соседей. Высокую

центральность по собственному вектору имеют те узлы, которые обладают большим количеством связей с другими «центральными» узлами.

В нашем случае наибольшей центральностью по степеням обладают Китай, Япония, Сингапур,

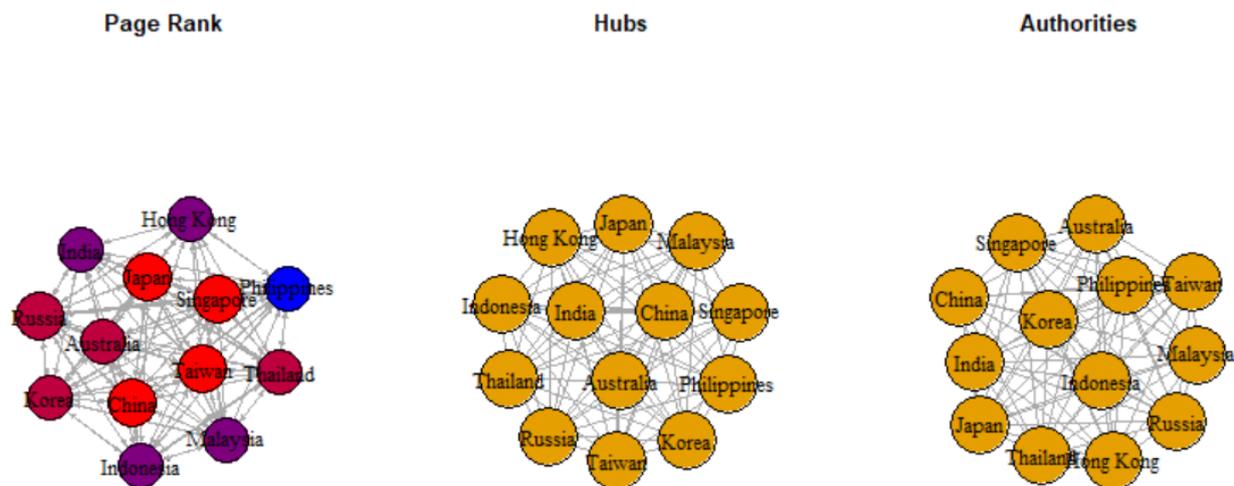


Рис. 2а / Fig. 2а. Ранжирование вершин сети по Page Rank, Hub Score, Authority Score для сети одновременных взаимосвязей за период 01.01.2005–01.01.2020 гг. / Contemporaneous Networks on Page Rank, Hub Score and Authority Score Rankings for the Period 01.01.2005–01.01.2020

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

Примечание / Note: красный цвет узла соответствует наибольшему значению показателя, синий – наименьшему / Red corresponds to the highest value of the indicator, blue – to the lowest.

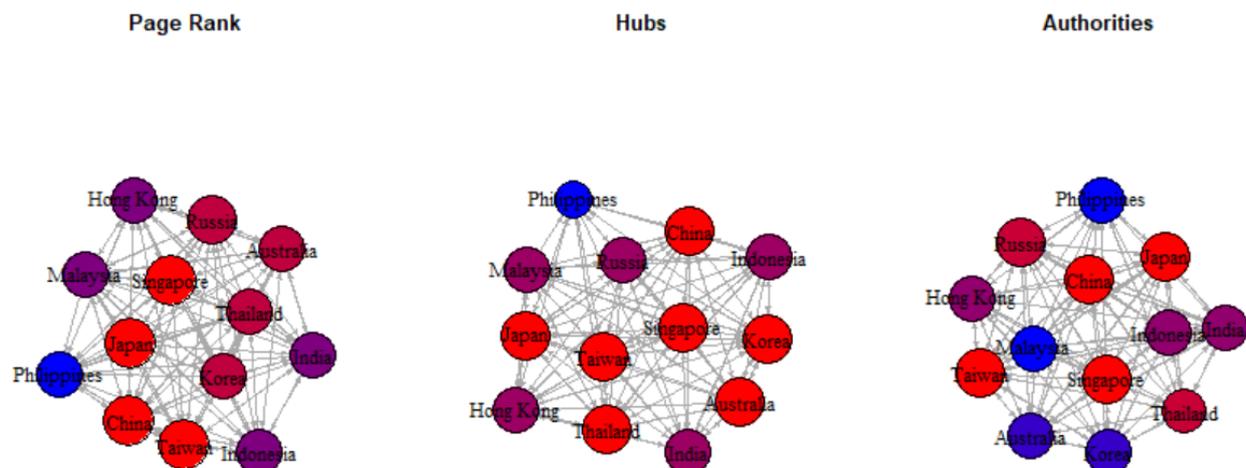


Рис. 2б / Fig. 2б. Ранжирование вершин сети по Page Rank, Hub Score, Authority Score для сети взаимосвязей по Гранжеру за период 01.01.2005–01.01.2020 гг. / Granger Causality Networks on Page Rank, Hub Score and Authority Score Rankings for the Period 01.01.2005–01.01.2020

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

Тайвань. Это значит, что, если шоки зародятся в этих странах, они могут быть транслированы на большое количество других узлов.

Лидеры по показателю центральность по посредничеству – все те же Китай, Япония, Сингапур, Тайвань, но к ним также присоединяются Австралия, Республика Корея и Таиланд. Эти страны служат каналами передачи шоков. Через Китай, Японию, Сингапур и Тайвань, учитывая их центральность по степеням, масштабы распространения шока будут наибольшими.

Наконец, страны, имеющие наиболее высокие показатели центральности по собственным векторам, – это Китай, Япония, Сингапур и Тайвань. Они связаны с другими странами, которые также имеют много связей. Это еще раз подчеркивает, что зарождение кризиса в одной из этих четырех стран будет наиболее разрушительно для региона.

Таким образом, если принимать во внимание все метрики центральности, устойчиво наиболее «важными» будут Китай, Япония, Тайвань, Сингапур. Филиппины обладают наименьшими

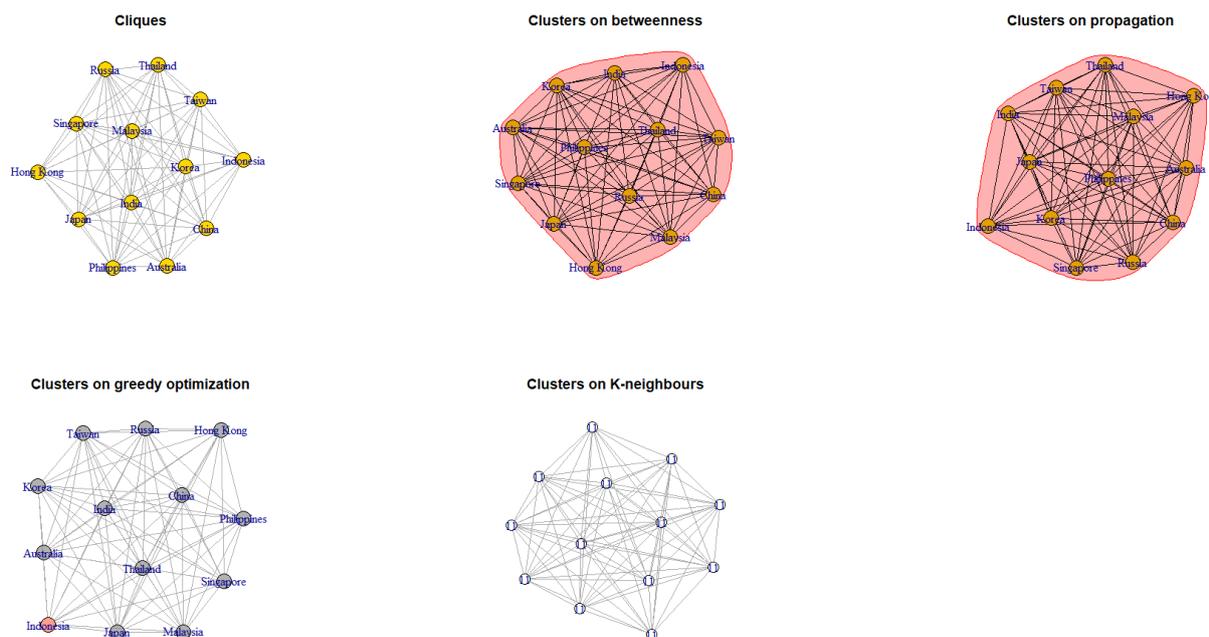


Рис. 3 / Fig. 3. Кластеры внутри сети взаимосвязей по Гранжеру за период 01.01.2005–31.12.2020 гг. / Cluster Identification in Granger Causality Network for the Period 01.01.2005–31.12.2020

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

Примечание / Note: только один из алгоритмов – на основе оптимизации выделяет два кластера: к первому относится Индонезия, ко второму – все остальные участники сети. В других алгоритмах кластеризации это не прослеживается / only one of the algorithms – on the evaluation of optimization of two clusters: to the first refers to Indonesia, to the second – all the other participants of the network. Other cluster algorithms are not observed.

показателями центральности. Это значит, что при координации мер макропруденциальной политики в регионе АТР следует обращать особое внимание на состояние банковских систем четырех указанных выше стран.

Также при анализе сети для выделения «влиятельных» игроков помимо показателей центральности используют такие показатели, как ранг страницы, или Page Rank, предложенный L. Page и соавторами [32], показатели посредничества (hub score) и авторитетности (authority score), вычисляемые по алгоритму J. M. Kleinberg [33].

Судя по рис. 2а и 2б, все те же четыре страны – Китай, Япония, Сингапур и Тайвань – имеют наибольшие показатели «авторитетности» и посредничества. Стоит отметить, что Россия также находится в числе лидеров по показателю авторитетности. Подтверждается изолированная роль Филиппин.

Наконец, проанализируем, можно ли выделить отдельные кластеры внутри самого региона. Для этой цели мы использовали разнообразные способы выделения подгрупп в сети: по параметру центральности по близости, центральности по

посредничеству, на основе алгоритма распространения меток (label propagation), на основе оптимизации модулярности, K-core декомпозиции. Однако мы не смогли обнаружить сформированные устойчивые кластеры ни внутри сети одновременных взаимосвязей, ни в сети взаимосвязей по Гранжеру.

Далее мы анализируем, как изменялась структура сети под влиянием кризисных эпизодов. Для этого мы повторяем всю процедуру отдельно для периодов 01.01.2005–31.12.2013 и 01.01.2014–31.12.2020 гг., охватывающих период глобального финансово-экономического кризиса 2007–2009 гг. и локдауна, вызванного пандемией COVID-19.

Из табл. 3 по значению мер плотности можно судить о том, что в период локдауна сеть была наиболее плотной, а значит, и наиболее уязвимой. Возросла доля взаимных связей, а среднее минимальное расстояние между узлами снизилось, что говорит о возможности шоков распространяться быстрее, чем в период глобального финансово-экономического кризиса.

Далее мы также выделяем ключевые страны в сети. В обоих подпериодах мы сфокусировались только на сети по Гранжеру, так как алгоритм не

**Основные показатели структуры сети за период 01.01.2005–01.01.2020 гг. / Main Topological Indicators for the Network 01.01.2005–01.01.2020**

	01.01.2005–01.01.2020 гг.		01.01.2005–31.12.2013 гг.		01.01.2014–01.01.2020 гг.	
	Одновременные взаимосвязи / Contemporaneous linkages	Взаимосвязи по Гранжеру / Granger linkages	Одновременные взаимосвязи / Contemporaneous linkages	Взаимосвязи по Гранжеру / Granger linkages	Одновременные взаимосвязи / Contemporaneous linkages	Взаимосвязи по Гранжеру / Granger linkages
Мера плотности	0,5	0,949	0,5	0,859	0,5	0,929
Коэффициент кластеризации	1	0,987	1	0,975	1	1
Доля взаимных связей	1	0,959	1	0,866	1	0,924
Количество взаимных связей	78	71	78	58	78	67
Количество асимметричных связей	0	6	0	18	0	11
Отсутствие связей	0	1	0	2	0	0
Диаметр	1	2	1	2	1	2
Среднее расстояние между узлами	1	1,051	1	1,14	1	1,07
Ассортативность	–	–0,101	–	–0,233	–	–0,188

Источник / Source: расчеты авторов / Author's calculations.

выделяет «влиятельных» участников для сети одновременных взаимосвязей.

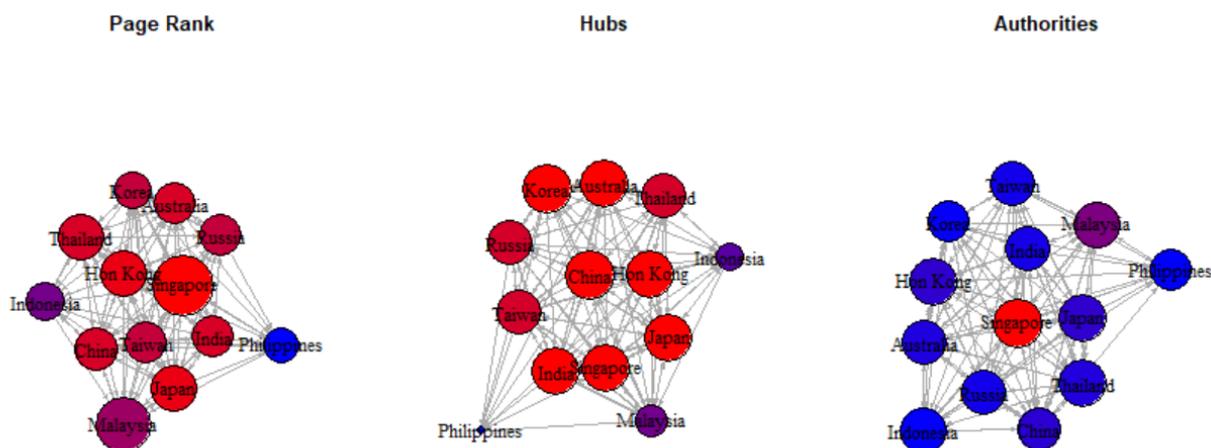
Во время мирового финансового-экономического кризиса лидером по показателю «авторитетности» стал Сингапур. При этом он также выступал и крупным посредником передачи кризисных явлений, наряду с Китаем, Японией, Гонконгом, Индией, Республикой Корея. Индонезия, Филиппины и Малайзия находились на периферии сети, так как имели низкие значения Page Rank, «авторитетности» и посредничества. В рассматриваемый период эти страны не могли стать источником заражения для других участников сети.

В период локдауна картина по Page Rank (рис. 5) и по посредникам не сильно изменилась, но при этом «наибольшим авторитетом» среди стран стали пользоваться Япония, Таиланд, Тайвань и Гонконг. Сингапур как донор кризисных явлений перестал фигурировать в сети. Периферийные страны не изменились — Филиппины, Малайзия и Индонезия. Россия в тот и в другой кризисный период выступала лишь как посредник передачи рисков.

Результаты по кластеризации для сетей рассматриваемых подпериодов аналогичны тому, что мы получили для всего периода.

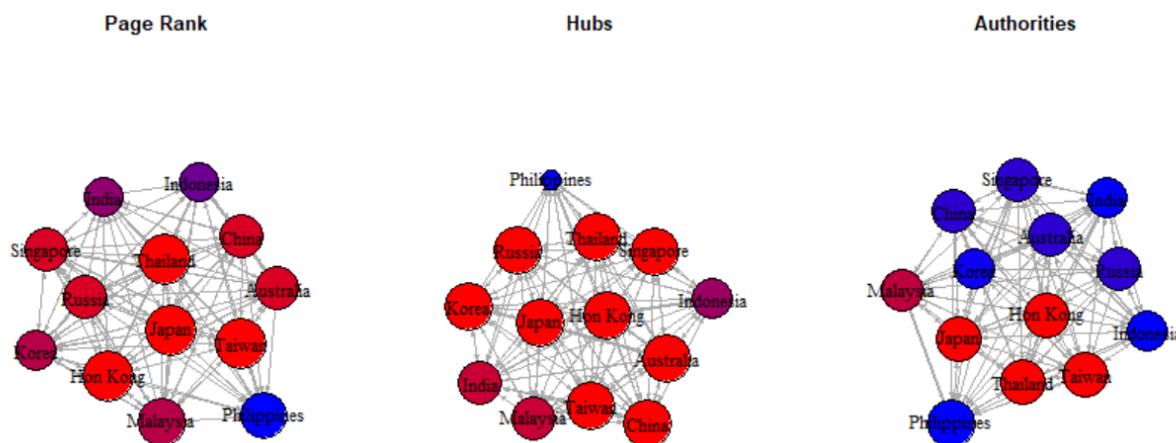
Итак, рассматривая эволюцию сети банковских систем стран АТР и России, можно сделать вывод, что в период локдауна она стала более хрупкой. Страны — посредники кризисных явлений в обоих кризисных подпериодах были одинаковы: Гонконг, Япония, Тайвань, Таиланд, Сингапур, Россия. Изменился состав «доноров» риска: в период 2005–2013 гг. наибольшей «авторитетностью» обладал Сингапур, а в период 2014–2020 гг. — Япония, Таиланд, Тайвань и Гонконг.

Проведенный анализ может представлять интерес для регулирующих органов. Укрепление сотрудничества России со странами АТР, с одной стороны, способствует финансовому развитию всех участвующих стран. С другой стороны, учитывая роль всех участников в сети как акцепторов или доноров риска, получается, что усиление интенсивности финансового сотрудничества с Китаем может увеличивать вероятность трансмиссии шоков в Россию. При этом ослабление финансовых взаимосвязей с другими крупными экспортерами рисков — Японией, Син-



**Рис. 4 / Fig. 4. Ранжирование вершин сети по Page Rank, Hub Score, Authority Score для сети взаимосвязей по Гранжеру за период 01.01.2005–01.12.2013 гг. / Granger Causality Networks on Page Rank, Hub Score and Authority Score Rankings for the Period 01.01.2005–01.12.2013**

*Источник / Source:* расчеты авторов / Author's calculations.



**Рис. 5 / Fig. 5. Ранжирование вершин сети по Page Rank, Hub Score, Authority Score для сети взаимосвязей по Гранжеру за период 01.01.2014–01.12.2020 гг. / Granger Causality Networks on Page Rank, Hub Score and Authority Score Rankings for the Period 01.01.2014–01.12.2020**

*Источник / Source:* расчеты авторов / Author's calculations.

гапуром и Тайванем — работает на уменьшение вероятности заражения для России.

Очевидно, что высокий риск заражения в рассматриваемом регионе — обратная сторона более интенсивного торгового и финансового сотрудничества между странами. Возможно ли в таком случае снизить степень трансмиссии рисков, не сокращая сотрудничество? Наиболее очевидным кажется усиление внутренней макропруденциальной политики в каждой из стран с учетом того, как обстоят дела в странах-партнерах: страны-экспортеры риска должны, едва заметив признаки пузыря, применять превентивные макропруденциальные инструменты, понимая, что их внутренняя неста-

бильность может перекинуться на соседние страны; странам-импортерам необходимо при мониторинге финансовой стабильности на внутреннем рынке учитывать положение на рынке стран — экспортеров риска, разрабатывать инструменты хеджирования от потенциальных рисков. При этом необходима и наднациональная координация мер внутренней макропруденциальной политики с тем, чтобы избежать регуляторного арбитража, когда ужесточение мер в одной стране ведет к перетоку бизнеса в соседние страны с более мягким регулированием.

Учитывая, что на последнем рассматриваемом временном промежутке Россия выступает как реципиент риска, координация мер макропруден-

циальной политики со странами — крупнейшими экспортерами риска, в первую очередь с Китаем, становится особенно важной.

### ВЫВОДЫ

Данная работа исследует механизм передачи риска между банковскими системами стран АТР и России в период с 2005 по 2020 г. Анализ проводился на основе сетей, построенных с использованием индексов SRISK, полученных в результате применения алгоритма NETS M. Barigozzi и C. Brownlees [2].

В ходе работы были получены следующие результаты. Во-первых, было обнаружено, что банковские системы рассматриваемых стран характеризуются высокой степенью взаимозависимости, что является признаком уязвимости в случае крупного внешнего шока.

Во-вторых, мы выделили группу стран (Китай, Япония, Сингапур и Тайвань), на стабильность в банковских системах которых необходимо обращать первоочередное внимание. Зарождение шока в одной из них будет особенно разрушительным для всего региона.

Учитывая возрастающую интенсивность финансового сотрудничества Китая и России, все больше становится вероятностью трансмиссии шоков из Китая для нашей страны, а ослабление взаимосвязей с Японией, Сингапуром и Тайванем, наоборот, снижает риск заражения.

В-третьих, мы проанализировали, как изменяется сеть под влиянием разных кризисных эпизодов. Было обнаружено, что страны, которые могут служить передаточным механизмом для шоков, остались одни и те же в обоих случаях, а авторитетные вершины — поменялись. Количество доноров шоков возросло: в период глобального финансово-экономического кризиса ключевая роль принадлежала Сингапуру, а впоследствии — Японии, Таиланду, Тайвани и Гонконгу.

Наша работа призвана дополнить существующую литературу по изучению трансмиссии системного риска между странами. Вклад нашего исследования состоит из двух частей: методологической и содержательной. Во-первых, для анализа трансмиссии риска в сети банковских систем региона АТР и России мы использовали новую методологию, более подходящую для больших панелей временных рядов. Также мы провели динамический анализ, рассмотрев, как изменялись характеристики сети в периоды трех разных кризисных эпизодов. Во-вторых, с содержательной точки зрения наш вклад состоит в выделении стран-экспортеров, стран — импортеров риска и стран, являющихся передаточными звеньями. С помощью этой информации можно представить путь, по которому происходит «заражение» в АТР, и использовать эту информацию для разработки механизмов его купирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Stolbov M., Shchepeleva M. Systemic risk in Europe: Deciphering leading measures, common patterns and real effects. *Annals of Finance*. 2018;14(1):49–91. DOI: 10.1007/s10436–017–0310–3
2. Barigozzi M., Brownlees C. NETS: Network estimation for time series. *Journal of Applied Econometrics*. 2019;34(3):347–364. DOI: 10.1002/jae.2676
3. Allen F., Gale D. Financial contagion. *The Journal of Political Economy*. 2000;108(1):1–33. DOI: 10.1086/262109
4. Freixas X., Parigi B.M., Rochet J.-Ch. Systemic risk, interbank relations, and liquidity provision by the central bank. *Journal of Money, Credit and Banking*. 2000;32(3):611–638. DOI: 10.2307/2601198
5. Nier E., Yang J., Yorulmazer T., Alentorn A. Network models and financial stability. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2007;31(6):2033–2060. DOI: 10.1016/j.jedc.2007.01.014
6. Čihák M., Muñoz S., Scuzzarella R. The bright and the dark side of cross-border banking linkages. IMF Working Paper. 2011;(186). URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2011/wp11186.pdf>
7. Glasserman P., Young H.P. How likely is contagion in financial networks? *Journal of Banking & Finance*. 2015;50:383–399. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2014.02.006
8. Acemoglu D., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A. Systemic risk and stability in financial networks. *American Economic Review*. 2015;105(2):564–608. DOI: 10.1257/aer.20130456
9. Gai P., Kapadia S. Contagion in financial networks. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2010;466(2120):2401–2423. DOI: 10.1098/rspa.2009.0410
10. Minoiu C., Reyes J.A. A network analysis of global banking: 1978–2010. *Journal of Financial Stability*. 2013;9(2):168–184. DOI: 10.1016/j.jfs.2013.03.001
11. Chinazzi M., Fagiolo G., Reyes J.A., Schiavo S. Post-mortem examination of the international financial network. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2013;37(8):1692–1713. DOI: 10.1016/j.jedc.2013.01.010

12. Hale G. Bank relationships, business cycles, and financial crises. *Journal of International Economics*. 2012;88(2):312–325. DOI: 10.1016/j.jinteco.2012.01.011
13. Hale G., Kapan T., Minoiu C. Crisis transmission in the global banking network. IMF Working Paper. 2016;(91). URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2016/wp1691.pdf>
14. Cerutti E., Zhou H. The global banking network in the aftermath of the crisis: Is there evidence of de-globalization? IMF Working Paper. 2017;(232). DOI: 10.5089/9781484324868.001
15. Dungey M., Fry R., Martin V.L. Correlation, contagion, and Asian evidence. *Asian Economic Papers*. 2006;5(2):32–72. DOI: 10.1162/asep.2006.5.2.32
16. Forbes K.J., Rigobon R. No contagion, only interdependence: Measuring stock market comovements. *The Journal of Finance*. 2002;57(5):2223–2261. DOI: 10.1111/0022–1082.00494
17. Sander H., Kleimeier S. Contagion and causality: An empirical investigation of four Asian crisis episodes. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2003;13(2):171–186. DOI: 10.1016/S 1042–4431(02)00043–4
18. Baur D., Schulze N. Coexceedances in financial markets — a quantile regression analysis of contagion. *Emerging Markets Review*. 2005;6(1):21–43. DOI: 10.1016/j.ememar.2004.10.001
19. Dahlhaus R., Eichler M. Causality and graphical models in time series analysis. In: Green P., Hjort N., Richardson S., eds. *Highly structured stochastic systems*. Oxford: Oxford University Press; 2003:115–137. URL: <https://galton.uchicago.edu/~eichler/hsss.pdf>
20. Eichler M. Granger causality and path diagrams for multivariate time series. *Journal of Econometrics*. 2007;137(2):334–353. DOI: 10.1016/j.jeconom.2005.06.032
21. Giudici P., Parisi L. CoRisk: Credit risk contagion with correlation network models. *Risks*. 2018;6(3):95. DOI: 10.3390/risks6030095
22. Avdjiev S., Giudici P., Spelta A. Measuring contagion risk in international banking. *Journal of Financial Stability*. 2019;42:36–51. DOI: 10.1016/j.jfs.2019.05.014
23. Chiang T. C., Jeon B. N., Li H. Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from Asian markets. *Journal of International Money and Finance*. 2007;26(7):1206–1228. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2007.06.005
24. Diebold F. X., Yilmaz K. On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics*. 2014;182(1):119–134. DOI: 10.1016/j.jeconom.2014.04.012
25. Barigozzi M., Hallin M. A network analysis of the volatility of high-dimensional financial series. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*. 2016;66(3):581–605. DOI: 10.1111/rssc.12177
26. Barigozzi M., Hallin M., Soccorsi S., von Sachs R. Time-varying general dynamic factor models and the measurement of financial connectedness. *Journal of Econometrics*. 2021;222(1.Pt.B):324–343. DOI: 10.1016/j.jeconom.2020.07.004
27. Rodriguez J. C. Measuring financial contagion: A copula approach. *Journal of Empirical Finance*. 2007;14(3):401–423. DOI: 10.1016/j.jempfin.2006.07.002
28. Wen X., Wei Y., Huang D. Measuring contagion between energy market and stock market during financial crisis: A copula approach. *Energy Economics*. 2012;34(5):1435–1446. DOI: 10.1016/j.eneco.2012.06.021
29. Delgado P. C., Congregado E., Golpe A. A., Vides J. C. The yield curve as a recession leading indicator. An application for gradient boosting and random forest. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*. 2022;7(3):7–19. DOI: 10.48550/arXiv.2203.06648
30. Sabes D., Sahuc J.-G. Do yield curve inversions predict recessions in the euro area? *Finance Research Letters*. 2023;52:103416. DOI: 10.1016/j.frl.2022.103416
31. Hasse J.-B., Lajaunie Q. Does the yield curve signal recessions? New evidence from an international panel data analysis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. 2022;84:9–22. DOI: 10.1016/j.qref.2022.01.001
32. Page L., Brin S., Motwani R., Winograd T. The PageRank citation ranking: Bringing order to the web. Stanford Digital Library Technologies Project. 1998. URL: <https://www.cis.upenn.edu/~mkearns/teaching/NetworkedLife/pagerank.pdf>
33. Kleinberg J.M. Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM*. 1999;46(5):604–632. DOI: 10.1145/324133.324140

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



**Сергей Ануфриевич Дзюба** — доктор экономических наук, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия  
**Sergey A. Dzuba** — Dr. Sci. (Econ.), Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-9651-3158>  
dfirk@mail.ru



**Владислав Сергеевич Тишковец** — бакалавр, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия  
**Vladislav S. Tishkovetz** — Bachelor Sci., Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia  
<https://orcid.org/0009-0002-4983-9387>  
vtishkovetc@edu.hse.ru



**Мария Александровна Щепелева** — кандидат экономических наук, доцент, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; научный сотрудник лаборатории «Новые тренды в международных финансах», МГИМО МИД России, Москва, Россия  
**Maria A. Shchepeleva** — Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia; Research Associate, New Trends in International Finance Laboratory, MGIMO MFA of Russia, Moscow, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-9107-3173>  
*Автор для корреспонденции / Corresponding author:*  
mshchepeleva@hse.ru

### **Заявленный вклад авторов:**

**С. А. Дзюба** — постановка проблемы, разработка концепции статьи.

**В. С. Тишковец** — сбор статистических данных, табличное и графическое представление материалов.

**М. А. Щепелева** — постановка проблемы, разработка концепции статьи.

### **Authors' declared contributions:**

**S. A. Dzuba** — problem statement, development of the concept of the article.

**V. S. Tishkovetz** — collection of statistical data, tabular and graphical presentation of materials.

**M. A. Shchepeleva** — problem statement, development of the article concept.

*Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.*

*Статья поступила в редакцию 24.07.2022; после рецензирования 04.09.2022; принята к публикации 26.10.2022.*

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

*The article was submitted on 24.07.2022; revised on 04.09.2022 and accepted for publication on 26.10.2022.*

*The authors read and approved the final version of the manuscript.*