ИССЛЕДОВАНИЕ

Леонидов А.В.[1, 2, 3]

[1] *Российская академия наук*
[2] *Русский фонд содействия образованию и науке*
[3] *Московский физико-технический институт*

Системные риски на финансовых рынках

АННОТАЦИЯ:
В работе дается обзор исследований, посвященных анализу системных рисков на финансовых рынках, связанных с эффектами сетевых взаимодействий. В частности, подробно обсуждается возможность каскадных дефолтов на рынке межбанковского кредитования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *системные риски, финансовые рынки, каскадный дефолт, рынок межбанковского кредитования*

JEL: *G32, E51*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Леонидов А.В. Системные риски на финансовых рынках // Глобальные рынки и финансовый инжиниринг. — 2015. — Т. 2. — № 1. — с. 7-14. — http://dx.doi.org/10.18334/grfi.2.1.155

Леонидов Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, отделение теоретической физики, Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук; Лаборатория социального анализа Русского фонда содействия образованию и науке; Кафедра дискретной математики Московского физико-технического института (leonidov@td.lpi.ru)

ПОСТУПИЛО В РЕДАКЦИЮ: 12.01.2015 / ОПУБЛИКОВАНО: 30.03.2015
ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП: http://dx.doi.org/10.18334/grfi.2.1.155
(c) Леонидов А.В. / Публикация: ООО Издательство "Креативная экономика"
Статья распространяется по лицензии Creative Commons CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/)
ЯЗЫК ПУБЛИКАЦИИ: русский

Metadata in English is available.

For detailed information, please, visit http://dx.doi.org/10.18334/grfi.2.1.155

1. Введение

Анализ причин и последствий финансового кризиса 2007-2009 гг. выделил вопрос о системных финансовых рисках как один из наиболее значимых. На фундаментальном уровне понятие системных рисков возникает при анализе смены режимов в сложных адаптивных системах, к которым, несомненно, относится и финансовый рынок. Интуитивно системный риск связывается с эффектами взаимодействия экономических агентов, приводящим к значимым последствиям для системы в целом. Дать точное компактное определение системного риска, по-видимому, невозможно, и наиболее полное его описание представляет собой подробное перечисление сценариев, которые можно классифицировать как относящиеся к системным рискам, см. напр. [1]. Количественный анализ системных рисков находится в центре внимания Банка России [2, 3], международных организаций (МВФ) [4, 5, 6, 7] и академической науки [9, 10, 11].

2. Межбанковская сеть как ориентированный взвешенный граф

Исходной точкой для количественного анализа системных рисков на межбанковском рынке является его представление в виде взвешенного ориентированного графа, в узлах которого находятся банки, а на ребрах – обязательства банков по отношению к друг другу. Направленность ребер условна, но чаще всего используется соглашение, по которому ребро направлено от должника к кредитору. Таким образом, в матрице W, характеризующей рассматриваемый граф

$$W = \{w_{ij} \geq 0\}$$

займу, выданному банком j банку i, отвечает ребро с направлением i -> j. В этих обозначениях чистым заемщикам отвечают узлы, у которых есть только выходящие (out-) ребра, чистым кредиторам – узлы, у которых есть только входящие (in-) ребра и, наконец, банкам, являющимся одновременно кредиторами и заемщиками, отвечают узлы, у которых есть как входящие, так и выходящие связи. Во всех случаях значения матричных элементов равны величине соответствующих займов. Описанная классификация узлов отвечает так называемой bow-tie декомпозиции ориентированного графа на три основные компоненты Out -> In-Out -> In. На рис.1 показана bow-tie структура для рынка межбанковского кредитования РФ:

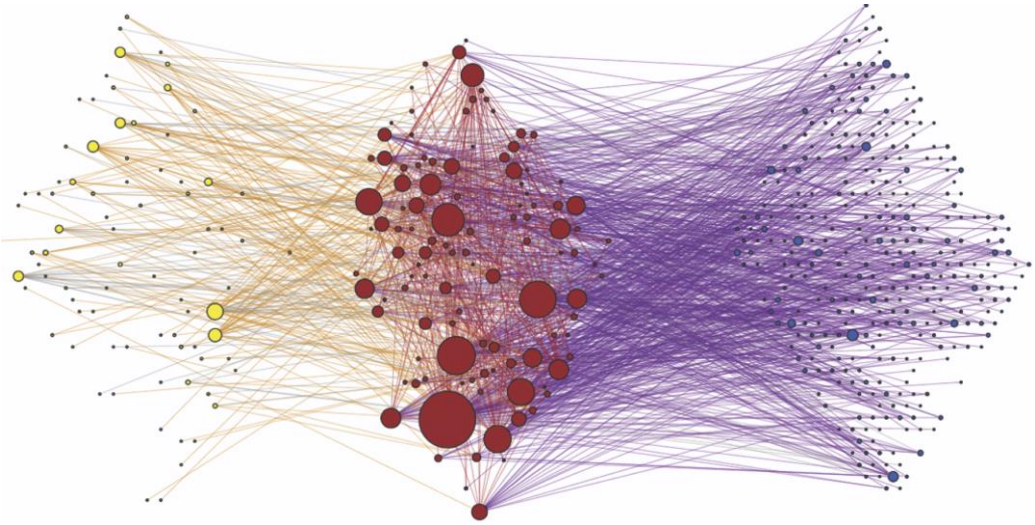

Рис. 1. Компонентная структура рынка МБК РФ [14]

Количественный анализ компонентной структуры рынка МБК РФ, проведенный в работе [12], показал, что большинство банков (порядка 60 %) являются чистыми кредиторами. Вместе с тем, как видно из рис. 1, абсолютное большинство крупных банков принадлежит к In-Out ядру.

3. Каскадный дефолт: модель Гая-Кападии [12]

Построение современных количественных моделей каскадного дефолта на рынке межбанковского кредитования во многом следует пионерской работе [12]. Рассмотренная в [12] механика распространения каскадного заражения выглядит следующим образом. Рассмотрим узел сети (банк) с индексом i, у которого имеется k входящих и j выходящих ребер, т.е. k банков – должников и j банков – кредиторов, где каждое ребро "нагружено" величиной соответствующего займа. Рассмотрим простейший случай и предположим банкротство одного из k заемщиков банка i. Распространение дефолта имеет место в том случае, когда результатом исходного дефолта является дефолт банка i, т.е. когда для узла i в результате невозврата долга обанкротившимся должником нарушается институционально установленный баланс пассивов и активов. В балансе банков учитываются активы A, в том числе относящиеся к рынку МБК активы A^{IB} и пассивы L. Тем самым, достаточность капитала K_i для узла i равна $K_i=A_i-L_i$. В модели [12] используется простейшее предположение о равномерном распределении

активов A^{IB}, относящихся к межбанковским кредитам, по входящим в узел ребрам. В этих предположениях дефолт одного из контрагентов приводит к дефолту рассматриваемого узла, если

$$K_i \equiv A_i - L_i < \frac{A_i^{\mathrm{IB}}}{k}$$

Ключевым шагом в формулировке математической модели каскадного дефолта является переход к вероятностному описанию, основанном на введению вероятности v_k дефолта узла степени k при дефолте по одной из ходящих в этот узел связей

$$v_k = \mathrm{Prob}\left[K_i < \frac{A_i^{\mathrm{IB}}}{k}\right]$$

и описании межбанковского рынка кредитования как древесного ориентированного графа с распределением вероятностей по числу входящих и выходящих ребер p_{ik}. В рассматриваемой формулировке задача сводится к стандартной задаче о перколяции ребер на ориентированном графе. Основной фокус анализа системных рисков на рынке МБК в работе [12] был сделан на вопросе о возможности появлении гигантского перколяционного кластера и связанным с этим обрушения рынка в целом.

4. Системные риски на межбанковском рынке РФ [13, 14]

Существенный интерес представляет обобщение результатов работы [12] и выработки модели каскадного дефолта, учитывающего как реалистическую топологию взвешенного графа рынка МБК, так и реалистические балансы банков. Такая модель был построена для рынка МБК России в работах [13,14].

Указанных данных в принципе достаточно для изучения рисков, связанных с возможными каскадными дефолтами путем численных симуляций. Возможность аналитического описания связана, однако, с тем, насколько сложной является типичная топология дефолтных кластеров. Численные исследования[13,14] выявили следующие характерные особенности каскадных дефолтов:

- Условные вероятности распространения дефолта зависят от функциональной роли (положения относительно bow-tie структуры графа МБК) как узла – триггера, так и узла – реципиента дефолтного шока.

- Несмотря на то, что топология исходного графа существенно отличается от древесной и, в частности, характеризуется высокой степенью кластеризации, в подавляющем большинстве случаев дефолтные кластеры являются древесными.
- Изучаемый каскадный процесс характеризуется существенной зависимостью от вероятностной взаимосвязи между степенями соседних узлов, которая для всех изученных банковских сетей отвечает наличию выраженной дисассортативности, когда соседом узла с большим числом ребер является узел с малым числом ребер, и наоборот.

Эффективная древесность дефолтных кластеров позволяют построить модель распространения каскадного дефолта, использующую хорошо разработанный формализм производящих функций и учитывающего как дисассортативность сети МБК, так и зависимость вероятности распространения дефолта от узла-донора к узлу-реципиенту[13,14]. Сравнение предсказаний модели с результатами численной симуляции для распределения по размеру дефолтных кластеров приведено на рис. 2.

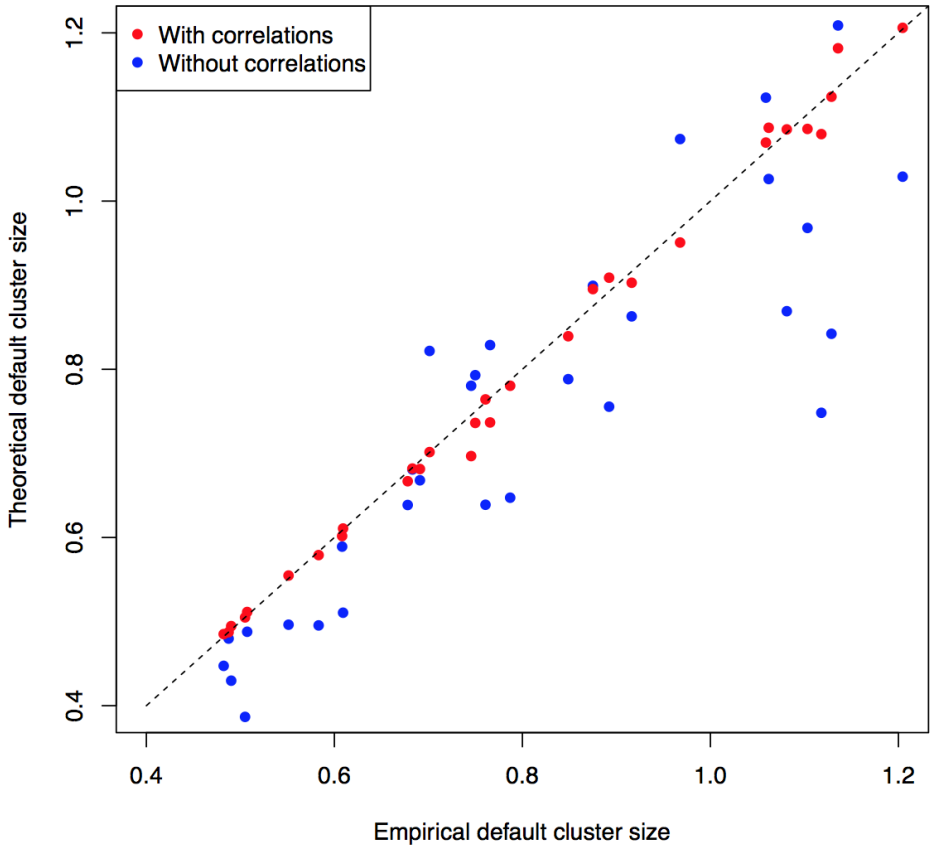

Рис. 2. Эмпирическое распределение по размерам дефолтных кластеров (пунктир) в сравнении с предсказаниями теории без учета (синий) и с учетом (красный) корреляций степеней соседних узлов (дисассортативности) сети МБК [14]

Из рис. 2 мы видим, что учет дисассортативности критически важен для реалистического описания процесса каскадного дефолта.

Как уже упоминалось выше, основным типом системных рисков на рынке МБК, изучавшимся в пионерской работе [12] и ряде последующих публикаций, являлся риск возникновения гигантской дефолтной компоненты., т.е. в режиме перколяции В то же время, методология формализма, использованного в работах [12,13,14] позволяет оценить, находится ли реальная сеть МБК в перколяционном режиме. Подробный анализ [14] показал, что сеть МБК России всегда находилась весьма далеко от точки перколяции и, в этом смысле, является устойчивой по отношению к системному риску, рассмотренному в работе [12].

5. Заключение

В заключение сформулируем еще раз наши выводы:

- Рассмотрение каскадных дефолтов на рынке МБК является важной составляющей анализа системных рисков на финансовых рынках.
- Анализ данных по рынку межбанковского кредитования РФ показывает, что соответствующие системные риски могут быть классифицированы как относящиеся к неперколятивной фазе.
- Для построения адекватной математической модели системных рисков, связанных с каскадными дефолтами, важно учитывать bow-tie структуру соответствующего ориентированного графа и его дисассортативность.
- Несмотря на то, что исходный граф характеризуется существенными отклонениями от древесной топологии, графы дефолтных каскадов являются древесными.

ИСТОЧНИКИ:

1. A Survey of Systemic Risk Analysis / D. Bisias, M. Flood, A.W. Lo, S. Valavanis // Office of Financial Research Working Paper # 0001, 2012.

2. «Обзор финансовой стабильности» на официальном сайте Центрального Банка Российской Федерации [Электронный ресурс].

3. *Моисеев С.Р., Снегова Е.А.* Системная значимость участников денежного рынка // Банковское дело. — 2012. — № 3. — С. 24-29.

4. Guidance to assess the systemic importance of financial institutions, markets and instruments: initial consideration: Report to G-20 Finance Ministers and Governors / International Monetary Fund, Bank for International Settlements, Financial Stability Board. — 2009.

5. Assessing the Systemic Implications of Financial Linkages / J. A. Chan-Lau, M. Espinosa, K. Gieske, J. A. Sole // IMF Global Stability Report. — 2009. — Vol. 2. — April.

6. The policy implications of transmission channels between the financial system and the real economy // BCBS Working Paper. — 2012. — № 20.

7. Models and tools for macroprudential analysis // BCBS Working Paper. — 2012. — № 21.

8. *Haldane A.G.* Rethinking the financial network: Speech delivered at the Financial Student Association, Amsterdam, 2009.

9. *Haldane A. G., May R. M.* Systemic risk in banking ecosystems // Nature. — 2011. — 20 January. — № 469. — P. 351-355.

10. *Sornette D., Becke S. von der* Systemic risk in banking: It is complex but not that complicated: A response to Andrew G. Haldane & Robert M. May, Neil Johnson and Thomas Lux // ETH working paper. — 2011.

11. *Chinazzi M., Fagiolo G.* Systemic Risk, Contagion, and Financial Networks: A Survey. —

Institute of Economics and LEM, Scuola Superiore Sant'Anna, 2013.

12. *Gai P., Kapadia S.* Contagion in financial networks: Proceedings Royal Society A. — 2010. — Vol. 466. — № 2120. — P. 2401-2423.
13. *Леонидов А.В., Румянцев Е.Л.* Оценка системных рисков межбанковского рынка России на основе сетевой топологии // Журнал Новой экономической ассоциации. — 2013. — № 3 (19). — С. 65-80.
14. *Leonidov A.V., Rumyantsev E.L.* Systemic Interbank Risks in Russia // Moscow Journal of Combinatorics and Number Theory. — 2014. — № 4. — P. 200-216.