

## Методические комментарии и разъяснения к Обзору денежного рынка

### Операции, учитываемые в Обзоре денежного рынка

В Обзоре денежного рынка (далее - Обзор) рассматриваются и анализируются операции, экономический смысл которых состоит в предоставлении одним участником рынка рублевой ликвидности другому участнику рынка. В анализ включаются сделки СВОП (заключенные как от собственного имени, так и клиентские), междилерского РЕПО (заключенные как от собственного имени, так и клиентские), операции МБК (межбанковские кредиты и межбанковские депозиты). Рассматриваются следующие типы контрагентов: банки (резиденты и нерезиденты), небанковские финансовые организации (только резиденты), клиенты (юридические и физические лица, резиденты и нерезиденты). Если не оговорено иное, при проведении анализа используются следующие предпосылки:

- сделки, в которых контрагентами являются организации, входящие в одну группу или холдинг, из анализа исключаются;
- учитываются сделки со сроком до 7 дней включительно;
- операции Банка России рассматриваются отдельно;
- приведенные в Обзоре показатели рассчитываются по объему заключенных сделок на определенную дату.

### Информационная база Обзора денежного рынка

По операциям СВОП и МБК информационной базой является форма отчетности 0409701 "Отчет об операциях на валютных и денежных рынках"; по операциям РЕПО – ежедневные данные, предоставляемые Московской биржей Банку России об итогах торгов по операциям РЕПО с Центральным контрагентом.

Показатели, связанные с операциями Банка России, рассчитываются на основе внутренней информации Банка России.

В форму отчетности 0409701 "Отчет об операциях на валютных и денежных рынках" включается информация о сделках межбанковского кредитования (в том числе депозитные сделки), объем которых превышает 1 млн. руб., сделках СВОП. Отчетность предоставляют кредитные организации – крупнейшие участники валютного и денежного рынков (более 150 организаций) на ежедневной основе.

Более подробные сведения о форме отчетности 0409701 "Отчет об операциях на валютных и денежных рынках" приведены в Указании Банка России «О перечне, формах и порядке составления и предоставления форм отчетности кредитных организаций в Центральный банк Российской Федерации» от 12 ноября 2009 г. № 2332-У.

Ежедневные данные Московской биржи по рынку РЕПО, получаемые Банком России, содержат сведения обо всех сделках РЕПО, заключенных на Фондовом рынке в секторе «Основной рынок».

Информация из указанных источников покрывает более 90% объема сделок, заключаемых на рынке междилерского РЕПО.

## Методика стресс-тестирования денежного рынка

Методика стресс-тестирования денежного рынка разработана в соответствии с общей концепцией стресс-тестирования, используемой при анализе деятельности субъектов экономики.

**Стресс-тестирование** – метод анализа рисков финансовых институтов и оценки их устойчивости к реализации исключительных, но вероятных событий. Стресс-тестирование наиболее распространено в банковском секторе, однако аналогичные подходы используются также для оценки рисков других элементов финансовой системы: отдельных рынков (например, рынка межбанковского кредитования, рынка междилерского РЕПО) или элементов рыночной инфраструктуры (например, центрального контрагента).

Согласно определению Банка России [1], «стресс-тестирование – оценка потенциального воздействия на финансовое состояние кредитной организации ряда заданных изменений в факторах риска, которые соответствуют исключительным, но вероятным событиям».

Международный валютный фонд [2] определяет стресс-тестирование как «методы оценки чувствительности портфеля к существенным изменениям макроэкономических показателей или к исключительным, но возможным событиям».

Согласно Банку международных расчетов [3], «стресс-тестирование – термин, описывающий различные методы, которые используются финансовыми институтами для оценки своей уязвимости по отношению к исключительным, но возможным событиям».

Стресс-тестирование становится все более широко используемым методом анализа рисков в кредитных организациях, поскольку банковское регулирование предписывает использование стресс-тестирования при применении банками внутренних рейтингов. В соответствии с рекомендациями Базельского комитета по банковскому надзору [4], «банки, использующие модель внутренних рейтингов, должны осуществлять тщательное стресс-тестирование для оценки достаточности капитала». Кроме того, этот тип анализа применяется различными регуляторами (в частности, центральными банками) и международными организациями (такими как Европейское банковское управление и Международный валютный фонд) для определения устойчивости банковских и финансовых систем.

Основными этапами стресс-тестирования являются:

- выбор потенциальных факторов риска;
- определение на качественном уровне возможных эффектов, которые факторы риска могут оказать на стабильность объекта стресс-тестирования (другими словами, построение сценариев стресс-тестирования);
- количественная оценка исключительного, но вероятного негативного шока;
- расчет предполагаемых потерь в соответствии с предпосылками сценариев стресс-тестирования.

При проведении стресс-тестирования обычно используется один или несколько сценариев (например, позитивный, негативный, умеренный), различающихся своими параметрами: величиной начального шока, горизонтом прогнозирования, степенью распространения негативного влияния факторов риска на стабильность объектов стресс-тестирования.

Регуляторы и надзорные органы используют два основных подхода к проведению стресс-тестирования банковского сектора: «сверху-вниз» (top down approach) и «снизу-вверх» (bottom up approach). В первом случае все этапы стресс-тестирования – построение сценариев, оценка

размера шока и потенциальных потерь – проводятся самим регулятором. Такой подход требует использования не только макроэкономической статистики, но и данных банковской отчетности, а также предполагает наличие сложного аппарата моделирования. Преимуществом подхода «сверху-вниз» является то, что после того, как методика стресс-теста отработана, его проведение не требует больших затрат времени и труда.

При использовании подхода «снизу-вверх» регулятор определяет сценарии и величину шока, а банки на основе этой информации проводят оценку собственных потерь, используя внутренние модели стресс-тестирования. При этом срок проведения стресс-тестирования существенно увеличивается по сравнению с подходом «сверху-вниз», а регулятор, с одной стороны, перекладывает часть работы на банки, но с другой стороны – сталкивается с возможными сложностями сопоставления и агрегирования результатов из-за различий в моделях банков. Кроме того, при использовании подхода «снизу-вверх» не учитываются сетевые эффекты, т.к. каждый банк рассчитывает собственные потери, не учитывая их влияние на ухудшение финансового состояния своих контрагентов.

*Стресс-тестирование денежного рынка, проводимое ежеквартально Банком России, строится на основе подхода «сверху-вниз». Целью стресс-тестирования является оценка потребности в дополнительной ликвидности, которая возникнет у участников рынка в результате реализации следующих рисков:*

- фондовый риск: снижение стоимости активов на финансовых рынках;
- валютный риск: обесценение национальной валюты;
- риск ликвидности: закрытие доступа участников рынка на рынок межбанковского кредитования.

Значительное снижение цен активов на фондовом рынке вызывает падение стоимости обеспечения сделок РЕПО и возникновение требований по довнесению средств («margin call»). Для отдельных сделок стоимость обеспечения станет меньше величины обязательств по второй части сделки, что приведет к неисполнению сделок участниками рынка, если им не удастся привлечь средства из альтернативных источников. При неисполнении сделок с потерями столкнутся контрагенты участника, и совокупные потери участников рынка могут существенно возрасти при реализации «эффекта домино» – массовых неплатежей на рынке междилерского РЕПО.

В случае снижения стоимости рубля к бивалютной корзине банкам – нетто-заёмщикам иностранной валюты на рынке СВОП потребуется больше рублевой ликвидности для поддержания своих позиций. Для отдельных участников шок на валютном рынке может привести к реализации риска ликвидности, что влечет за собой возникновение потерь. В качестве стрессового сценария рассматривается обесценение рубля, т.к. при его реализации совокупные потери банков (с учетом потерь, вызванных переоценкой ссудной задолженности в иностранной валюте) будут превосходить совокупные потери в ситуации укрепления рубля.

В случае отсутствия возможности пролонгировать свои займы на рынке МБК банки будут вынуждены покрывать возникающий дефицит ликвидности, привлекая дополнительное рефинансирование Банка России под залог имеющегося в наличии обеспечения.

Таким образом, реализация рассматриваемых рисков приведет к возникновению потерь тех у банков, потенциальный объем рефинансирования которых в Банке России недостаточен для покрытия возникающих оттоков денежных средств.

В рамках анализа отдельных рисков денежного рынка рассматриваются два горизонта стресс-тестирования: однодневный (реализация рисков на горизонте 1 рабочий день) и недельный (5 рабочих дней). Для каждого участника используется аддитивный подход к оценке потерь: общие потери участника рассчитываются как сумма потерь, вызванных реализацией каждого риска. Стресс-тестирование проводится как в разрезе банков, так и в разрезе банковских групп. Второй вариант позволяет оценить потенциальные потери банковских групп с учетом существующих взаимосвязей между финансовыми институтами.

Особенности генезиса анализируемых рисков объясняют различия в приведенных ниже методиках моделирования шоков и оценки потерь участников по каждому из рисков.

#### *Фондовый риск*

Оценка снижения стоимости активов проводится в отдельности для каждой ценной бумаги, при этом алгоритмы для акций и облигаций различаются.

Для оценки параметров существенного снижения цен, акции разделены на группы по степени снижения цен на горизонте 1 день и 5 дней, наблюдавшегося в кризис 2008-2009 года. Первую группу составляют акции, наименее пострадавшие в кризис (преимущественно, голубые фишки), вторую – акции второго эшелона и т.д. Изменения цен различных акций в рамках одной группы в кризисный период усредняются и, так получают оценки для каждой группы. Для акций, которые не торговались в период кризиса 2008 года или являлись на тот момент неликвидными, отнесение в ту или иную группу происходит на основании степени их ликвидности.

Снижение стоимости облигаций моделируется на основе изменения кривой доходности государственных облигаций. Оценивается 5% VaR значений доходностей облигаций разной срочности в кризисный период 2008-2009 года. На основе указанных значений с учетом различий сроков до погашения и кредитного качества ценных бумаг (в качестве показателей кредитного качества использовались рейтинги выпусков и/или эмитентов) рассчитываются кризисные падения стоимости облигаций.

#### *Валютный риск*

Ключевая предпосылка методики оценки валютного риска – потребность банков в валюте неизменна на всем горизонте стресс-тестирования. Иными словами, все сделки, открытые по состоянию на определенную дату, пролонгируются с учетом сохранения размера валютной части сделки. При моделировании воздействия обесценения рубля на финансовое состояние банков предполагалось, что курс евро к доллару США остается неизменным. На обоих горизонтах стресс-теста – однодневном и недельном – для определения величины процентного обесценения рубля к бивалютной корзине использовался исторический подход. За период с начала 2007 года были найдены максимальные значения падения стоимости рубля к бивалютной корзине на горизонтах 1 рабочий день и 5 рабочих дней.

#### *Риск ликвидности*

В качестве фактора риска рассматривается закрытие доступа банков к фондированию на рынке МБК в течение 1 дня и 5 дней. Для каждого банка величина оттока денежных средств по межбанковским кредитам оценивается как разница между объемом выданных и полученных кредитов на рынке МБК срочностью не более 1 дня (или 5 дней). При анализе достаточности

потенциала рефинансирования в Банке России под различные виды обеспечения у крупнейших банков используются данные о совокупном и использованном объемах каждого из видов обеспечения, предоставляемые банками на еженедельной основе.

На первом шаге величина чистых оттоков на рынке МБК сравнивается с доступным объемом рефинансирования в Банке России под рыночные активы. При этом не рассматривается возможное повышение стоимости рефинансирования из-за роста спроса на него. Для тех банков, которые по результатам первого шага не могут в полном объеме фонтировать свои оттоки на рынке МБК, остаточный объем непокрытых оттоков сравнивается с потенциалом рефинансирования в Банке России под альтернативные виды обеспечения (залог нерыночных активов и поручительства). По итогам второго этапа выделены банки, потенциальный объем рефинансирования которых в Банке России недостаточен для покрытия оттоков.

Результаты стресс-тестирования денежного рынка позволяют:

- выявить участников/группы участников, наиболее подверженных последствиям реализации каждого из рисков;
- оценить вероятность возникновения массовых неплатежей на денежном рынке;
- определить вероятную нагрузку на систему рефинансирования Банка России в кризисной ситуации;
- оценить достаточность сложившихся на рынке дисконтов для обеспечения устойчивости его участников.

Литература:

1. Подходы к организации стресс-тестирования в кредитных организациях (на основе обзора международной финансовой практики). URL: [http://www.cbr.ru/analytics/bank\\_system/print.asp?file=stress.htm&pid=bnksyst&sid=ITM\\_1355](http://www.cbr.ru/analytics/bank_system/print.asp?file=stress.htm&pid=bnksyst&sid=ITM_1355)
2. Blaschke W., Jones T., Majnoni G., Peria S-M. Stress Testing of Financial Systems: An Overview of Issues, Methodologies, and FSAP Experience. IMF Working Paper. 2001. URL: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2001/wp0188.pdf>
3. Stress testing by large financial institutions: current practice and aggregation issues // Committee on the global financial system publications. – April 2000. – № 14. URL: <http://www.bis.org/publ/cgfs14.htm>
4. Basel II: International convergence of capital measurement and capital standards: a revised framework. June 2004. URL: <http://www.bis.org/publ/bcbs107.htm>

#### **Индикатор стабильности денежного рынка**

Индикатор стабильности денежного рынка (Индикатор) – показатель, описывающий состояние денежного рынка путем обобщения так называемых исходных или частных показателей. Его величина тем выше, чем ниже риски нарушения деятельности денежного рынка.

Назначение Индикатора состоит в простейшем описании (одним показателем) состояния денежного рынка таким образом, чтобы важные, существенные события и явления, происходящие на денежном рынке, вызывали заметные изменения значения Индикатора, а остальные события и явления денежного рынка приводили к его хаотическим колебаниям, идентифицируемым как шум.

Построение Индикатора состоит из двух этапов: отбора исходных показателей и метода определения их весов.

В соответствии с целью построения Индикатора при отборе исходных показателей ставилась задача охватить все аспекты описываемого явления, избегая повторов и дублирования. Набор исходных показателей формировался настолько большим, чтобы отобранные характеристики могли отражать наиболее важные процессы и явления денежного рынка. В то же время исходные показатели не должны были содержать лишние характеристики, зашумляющие процессы и явления. В результате были отобраны следующие восемь показателей.

*Средняя ставка денежного рынка* – вычисляется как взвешенная по объему операций средняя ставка на рынке межбанковских кредитов, рынке междилерского РЕПО и на рынке валютных свопов.

*Коэффициент утилизации рыночных активов* – вычисляется как отношение текущей стоимости ценных бумаг, использованных в качестве обеспечения операций с Банком России, к текущей стоимости ценных бумаг, имеющихся в наличии у кредитных организаций.

*Объем операций СВОП и РЕПО с Банком России на фиксированных условиях* – отражает объем удовлетворения спроса на ликвидность более дорогими (штрафными) кредитами Банка России.

*Доля ценных бумаг, не включенных в Ломбардный список* – определяется как отношение текущей стоимости ценных бумаг, использованных в операциях междилерского РЕПО и не принимаемых в обеспечение по операциям РЕПО с Банком России, к сумме данной величины с текущей стоимостью ценных бумаг, принимаемых в обеспечение по операциям РЕПО с Банком России.

*Концентрация заемщиков на денежном рынке* – рассчитывается как коэффициент концентрации объема кредитов, полученных участниками.

*Концентрация кредиторов на денежном рынке* – вычисляется как коэффициент концентрации объема предоставленных участниками кредитов.

*Степень центральности денежного рынка* – рассчитывается следующим образом. Для каждого выделенного участника рынка и некоторой пары участников, в которой выделенный участник выступает посредником, определяется минимальное расстояние. Под расстоянием понимается число транзакций (число посредников при передаче денежных средств от одного участника к другому), увеличенное на 1. Описываемый показатель вычисляется как средневзвешенное по объему минимальное расстояние между всеми парами участников денежного рынка для каждого выделенного участника (посредника).

*Степень посредничества на денежном рынке* – вычисляется как доля участника рынка в операциях передачи денежных средств от одного участника к другому.

Методы обобщения частных показателей делятся на две группы: методы, основанные на экспертном взвешивании исходных показателей, и остальные, не использующие субъективных оценок значимости показателей. В первой из них после экспертного задания весов сводный показатель рассчитывается как сумма взвешенных частных показателей. К методам второй группы относятся метод главных компонент (независимых компонент) и метод регуляризации по Парето. В представленном обзоре использовались оба метода второй группы.

Метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA) или преобразование Кархунена-Лоева или Хоттелинга [1, 2], представляет собой один из основных способов сокращения размерности данных с сохранением максимального количества информации. Суть метода состоит в вычислении на основе собственных значений и собственных векторов матрицы ковариации исходных переменных (показателей)  $M$  главных компонент ( $M$  – число показателей) с последующим отбором относительно небольшого числа компонент с максимальным значением

собственных чисел. Объектами, описываемыми исходными показателями, являются состояния денежного рынка в определенные дни (периоды). Эмпирическая оценка модели проводилась в период с 1 октября 2012 г. по 21 июня 2013 г.

Значение  $k$ -ой главной компоненты  $j$ -го временного периода ( $Y_{kj}$ ) вычисляется как линейная форма значений его исходных переменных

$$Y_{kj} = a_{k1} \cdot X_{j1} + a_{k2} \cdot X_{j2} + \dots + a_{kM} \cdot X_{jM} \quad (1)$$

где  $a_{k1}, \dots, a_{k2}, \dots, a_{kM}$  - оцениваемые коэффициенты,

$N$  – число рассматриваемых периодов.

$k = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N$  - индексы

Первая главная компонента обладает максимальной дисперсией и объясняет максимальную долю вариации переменных среди всех компонент, а также в максимальной степени (среди всех линейных преобразований) сохраняет парные расстояния между объектами, тем самым обеспечивая минимальную потерю информации. Каждая последующая главная компонента обладает аналогичными свойствами среди оставшихся главных компонент и, кроме того, ортогональна ко всем предыдущим компонентам.

Обобщающим показателем (индикатором) отобранных исходных показателей выступает первая главная компонента.

Вторым методом, использованным в работе, был метод регуляризации по Парето [4]. Его целесообразно использовать, когда существенные показатели не имеют тесной связи с первой главной компонентой. Суть метода состоит в сравнении всех пар периодов функционирования денежного рынка по значениям исходных переменных. Перед проведением расчетов часть исходных показателей изменяется таким образом, чтобы при увеличении (уменьшении) каждого из показателей повышалась (понижалась) степень описываемого свойства – стабильности денежного рынка. Результатом сравнения  $i$ -го и  $j$ -го периодов является величина  $a_{ij}$ , принимающая три значения (1, -1, 0):

1, если все значения показателей в  $i$ -й день не иже, соответствующих значений показателей в  $j$ -й день и хотя бы одно из них – выше, что позволяет утверждать, что стабильность денежного рынка в  $i$ -й день выше;

-1, если все значения показателей в  $i$ -й день не выше, соответствующих значений показателей в  $j$ -й день и хотя бы одно из них – ниже (стабильность денежного рынка в  $i$ -й день ниже);

0, в остальных случаях.

Далее для каждого  $i$ -го дня вычисляется значение

$$S_{pareto} = \sum_{j=1}^T a_{ij}, \quad (2)$$

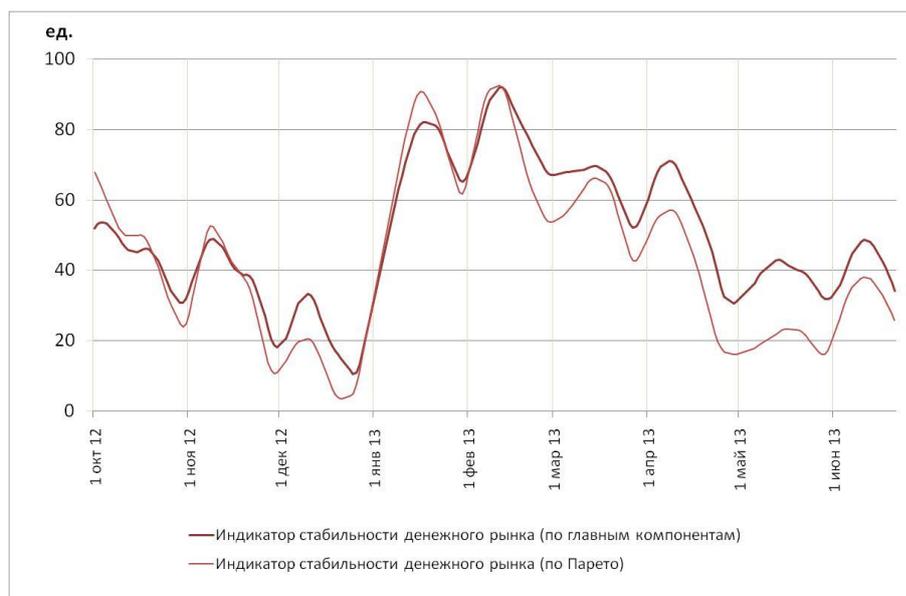
где  $T$  – число торговых дней в рассматриваемом временном интервале.

Далее строится уравнение регрессии  $S_{pareto}$  от исходных показателей. В целях удобства использования в окончательном выражении Индикатора значения коэффициентов регрессии нормируются таким образом, чтобы сводный показатель находился в диапазоне от 0 до 100.

Метод регуляризации по Парето можно использовать как непосредственно на исходных показателях, так и на главных компонентах, рассматривая их как исходные показатели.

Результаты построения индикатора стабильности денежного рынка методом главных компонент и методом регуляризации по Парето приведены на рис. 1.

**Рис. 1. Динамика двух индикаторов стабильности денежного рынка, усл. ед.**



Сравнение результатов построения Индикатора данными методами позволяет сделать вывод о их близости. Кроме того, в нашем случае первая главная компонента объясняет более половины вариации исходных показателей, что позволяет использовать ее в качестве обобщающей характеристики. Поэтому в качестве Индикатора была выбрана первая главная компонента, наиболее тесно связанная со средней ставкой денежного рынка, объемом операций СВОП и РЕПО с Банком России на фиксированных условиях, концентрацией кредиторов на денежном рынке и степенью центральности денежного рынка.

#### Литература:

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для ВУЗов. М., ЮНИТИ . – 1998. 654 с.
2. Hyvarinen A., Karhunen J., Oja E. Independent component analysis. New York, USA. – John Willey & Sons, Inc. – 2001. 481 с.
3. Sales A.S., Areosa W.D., Areosa M.B. Some Financial Stability Indicators for Brazil. URL: <http://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps287.pdf>
4. Гамбаров Г.М. Метод Парето-регуляризации финансовых показателей // Финансы и кредит – 2006. – №6 – с. 47-52.

#### Метод декомпозиции вариации

Метод декомпозиции вариации (variance decomposition) позволяет определить, какой вклад в описание остаточной вариации модели векторной авторегрессии (VAR) вносит каждая переменная. Декомпозиция вариации используется для извлечения дополнительной информации из модели векторной авторегрессии. Метод основан на анализе «импульс-отклик» и предложен в обобщенном виде для линейных и нелинейных моделей Г. Купом, М. Х. Песараном и С.М. Поттером в 1996 году [4]. Авторы использовали подход «импульс-отклик» для анализа взаимосвязи объема выпуска – безработицы в США.

В макропруденциальном анализе метод декомпозиции вариации используется для изучения распространения шока на финансовом рынке, в частности, метод может применяться для исследования механизма передачи процентного шока на рынке межбанковского кредитования.

В основе декомпозиции вариации остатков модели процентной ставки лежит модель векторной авторегрессии двух переменных на временном горизонте  $\tau$ :

$$\begin{aligned} x_t &= \alpha_1 + \beta_{11}x_{t-1} + \dots + \beta_{1\tau}x_{t-\tau} + \gamma_{10}y_t + \dots + \gamma_{10}y_{t-\tau} + \varepsilon_{1t} \\ y_t &= \alpha_2 + \beta_{21}y_{t-1} + \dots + \beta_{2\tau}y_{t-\tau} + \gamma_{20}x_t + \dots + \gamma_{20}x_{t-\tau} + \varepsilon_{2t} \end{aligned} \quad (1)$$

Динамика каждой из переменных характеризуется авторегрессионной компонентой самой переменной и текущим и лаговыми значениями второй переменной. Влияние неучтенных в модели факторов проявляется через остаточный компонент  $\varepsilon_{it}$ ,  $i = \overline{1,2}$ . Причем,  $\varepsilon_{1t}$  определяя уровень  $x_t$  в момент времени  $t$ , оказывает влияние и на уровень  $y_t$  посредством лаговых значений  $x_{t-1}, \dots, x_{t-\tau}$ . Это рассуждение справедливо также для остатков  $\varepsilon_{2t}$  и переменной  $x_t$ . Ввиду отсутствия автокорреляции в остатках справедливо записать выражения для остатков в виде:

$$\begin{aligned} x_t - \hat{x}_t &= \varphi_{1t}\varepsilon_{1t} + \varphi_{1t-1}\varepsilon_{1t-1} + \dots + \varphi_{1t-\tau}\varepsilon_{1t-\tau} + \psi_{1t}\varepsilon_{2t} + \psi_{1t-1}\varepsilon_{2t-1} + \dots + \psi_{1t-\tau}\varepsilon_{2t-\tau} \\ y_t - \hat{y}_t &= \varphi_{2t}\varepsilon_{1t} + \varphi_{2t-1}\varepsilon_{1t-1} + \dots + \varphi_{2t-\tau}\varepsilon_{1t-\tau} + \psi_{2t}\varepsilon_{2t} + \psi_{2t-1}\varepsilon_{2t-1} + \dots + \psi_{2t-\tau}\varepsilon_{2t-\tau} \end{aligned} \quad (2)$$

Вариацию остатков модели векторной авторегрессии с лагом  $\tau$  можно описать следующими выражениями:

$$\begin{aligned} \sigma_x^2(\tau) &= \sigma_x^2(\varphi_{1t}^2 + \varphi_{1t-1}^2 + \dots + \varphi_{1t-\tau}^2) + \sigma_y^2(\psi_{1t}^2 + \psi_{1t-1}^2 + \dots + \psi_{1t-\tau}^2) \\ \sigma_y^2(\tau) &= \sigma_x^2(\varphi_{2t}^2 + \varphi_{2t-1}^2 + \dots + \varphi_{2t-\tau}^2) + \sigma_y^2(\psi_{2t}^2 + \psi_{2t-1}^2 + \dots + \psi_{2t-\tau}^2) \end{aligned} \quad (3)$$

Из этих уравнений можно выразить долю вариации остатков авторегрессии, ассоциированную с самой переменной

$$\frac{\sigma_x^2(\varphi_{1t}^2 + \varphi_{1t-1}^2 + \dots + \varphi_{1t-\tau}^2)}{\sigma_x^2(\tau)} \quad \text{и} \quad \frac{\sigma_y^2(\psi_{2t}^2 + \psi_{2t-1}^2 + \dots + \psi_{2t-\tau}^2)}{\sigma_y^2(\tau)} \quad (4)$$

и с другой переменной из VAR модели.

$$\frac{\sigma_y^2(\psi_{1t}^2 + \psi_{1t-1}^2 + \dots + \psi_{1t-\tau}^2)}{\sigma_x^2(\tau)} \quad \text{и} \quad \frac{\sigma_x^2(\varphi_{2t}^2 + \varphi_{2t-1}^2 + \dots + \varphi_{2t-\tau}^2)}{\sigma_y^2(\tau)}. \quad (5)$$

Если, например,  $\varepsilon_{2t}$  не вносит вклада в описание вариации переменной  $x_t$  на произвольном временном горизонте  $\tau$ , то можно считать  $x_t$  экзогенной. И напротив, если вариация остатка  $\varepsilon_{2t}$  полностью описывает вариацию переменной  $x_t$ , то последнюю можно считать полностью эндогенной.

Если в анализе участвуют более двух переменных, то в результате построения VAR моделей по всем возможным парам можно получить долю вариации каждой переменной, описываемую вариацией остатков каждой из прочих переменных, включенных в анализ. Из показателей долей вариации, определенных по формулам (5), можно составить матрицу связанности:

$$D_{n \times n} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Элементы матрицы связанности  $d_{ij}$  (при  $i \neq j$ ), показывают, какую долю вариации переменной  $i$  можно объяснить вариацией остатков переменной  $j$ , т.е. чем больше элемент матрицы связанности  $d_{ij}$ , тем больше влияние  $j$  на  $i$ .

Диагональные элементы  $d_{ii}$ , вычисленные по формулам (4) показывают «собственную связанность», т.е. долю вариации переменной, ассоциированную с самой переменной.

На основании матрицы связанности рассчитываются *индикатор общей направленной связанности*, *нетто показатель общей связанности* и *индикатор системной связанности*.

## Литература:

1. Diebold F. and Yilmaz K. Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets // Economic Journal. – 2009. – №119. – С. 158-171. URL: <http://www.nber.org/papers/w13811>
2. Diebold F. and Yilmaz K. On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. NBER Working paper №17490. – 2011. – October. URL: <http://www.nber.org/papers/w17490>
3. Diebold F. and Yilmaz K. Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers // International Journal of Forecasting. – 2012. – №28. – С. 57-66. URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1536123](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1536123)
4. Koop G., Pesaran M.H., Potter S.M. Impulse response analysis in nonlinear multivariate model // Journal of econometrics. – 1996. – №74. – С. 119-147.
5. Yilmaz K. International business cycle spillovers. CEPR Discussion Paper №7966. – 2010.

### **Выявление системно значимых участников с использованием индикаторов связанности**

Индикаторы связанности (connectedness measures) – показатели, характеризующие доли (или сумму долей) вариации одной переменной, связанную с другой переменной. Различают *индикаторы общей направленной связанности, нетто показатель общей связанности и индикатор системной связанности.*

Впервые индикаторы связанности были построены Фрэнсисом Дайболдом из Пенсильванского Университета (США) и Камилем Илмазом из Университета Коча (Турция) в 2009-12 гг. [3]. Разработчики использовали эти индикаторы для оценки взаимозависимости различных финансовых рынков, инструментов и институтов (например, идентичности ценовой динамики финансовых активов разных стран, синхронности цен на активы или классы активов в рамках одного рынка, взаимосвязанности промышленного производства в нескольких странах). Первоначально авторы назвали результирующей индикатор «индексом внешних эффектов» (spillover index), а в последующем он был переименован в «индикатор связанности» (connectedness measure).

Анализ индекса связанности, построенного на базе волатильности цен на активы, Ф. Дайболдом и К. Илмазом свидетельствует о том, что в периоды повышенной волатильности на финансовых рынках, связанность участников увеличивается, и процентные шоки передаются большему числу участников и в большей степени. По мере того, как власти реализуют меры, направленные на стабилизацию рынков, связанность, измеренная индексом общей связанности, сокращается, и масштабы негативного влияния процентного импульса снижаются.

Главное достоинство индикаторов связанности заключается в том, что они позволяют не только оценивать индивидуальные шоки, передаваемые от одного объекта анализа к другому, но и совокупные шоки, характерные для группы объектов в целом, например, шоки негативных ожиданий. Кроме того, принимается во внимание то, что совокупный шок не обязательно влияет на все объекты одновременно. Расчет индексов ведется на некотором временном интервале, что позволяет идентифицировать запоздалую реакцию объекта на шок, возникший в прошлом.

Используя элементы матрицы связанности<sup>1</sup> можно получить *индикаторы общей направленной связанности «к i»*:

$$C_{i\leftarrow\bullet} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N d_{ij} \quad (7)$$

которые показывают сумму долей вариации переменной  $i$ , которая возникает от шоков, исходящих от других переменных системы; и «от  $j$ »

$$C_{\bullet\leftarrow j} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N d_{ij} \quad (8)$$

сумма долей вариации всех переменных кроме  $j$ , на которые оказывает влияние переменная  $j$ .

Ввиду возможного наличия высокой автокорреляции между показателями и отсутствия нормирования, индикаторы общей направленной связанности  $C_{i\leftarrow\bullet}$  и  $C_{\bullet\leftarrow j}$ , вычисленные как сумма долей вариации, может существенно превышать 100%.

Для получения индикаторов передачи шока переменной  $i$  необходимо определить *нетто показатель общей связанности*:

$$C_i = C_{i\leftarrow\bullet} - C_{\bullet\leftarrow i} \quad (9)$$

и *индикатор системной связанности*

$$C = \frac{1}{N} \sum_{\substack{i,j=1 \\ j \neq i}}^N d_{ij} \quad (10)$$

Нетто показатель общей связанности может выступать хорошим индикатором передачи шока участником  $i$ , т.к. он оценивается на основе разности влияния, которое  $i$  оказывает на остальных участников рынка, и влияния других участников, которому подвержен  $i$ .

Чем больше положительное значение нетто показателя общей связанности  $C_i$ , тем большее влияние на передачу шока имеет  $i$ . Чем больше по модулю отрицательное значение нетто показателя общей связанности  $C_i$ , тем более уязвимым и подверженным шоку является  $i$ .

Показатель системной связанности позволяет объединить информацию об отдельных взаимосвязях внутри системы в общий индекс. Показатель системной связанности является отношением суммы ковариации остатков по всем переменным, к совокупной вариации остатков модели передачи шока. Чем больше индекс системной связанности, тем в большей степени шоки распространяются в анализируемом сегменте рынка.

Индикатор системной связанности может быть использован, в том числе для анализа передачи процентного шока на денежном рынке.

Существуют и другие меры связанности. Как правило, эти меры основаны на линейной Гауссовской корреляции и направлены на измерение парных связей с попытками построения интегрального индикатора. В частности, Р. Ф. Энгл и Б. Т. Келли [4] предлагают использовать среднее значение корреляции между парами объектов. Т. Адриан и М. Бруннермайер [2] использовали модель условной стоимости под риском (CoVaR), а В. Акария и др. [1] – модель предельных ожидаемых убытков (marginal expected shortfall) для оценки связанности и передачи риска между отдельным институтом и рынком в целом. Однако каждый из этих методов разрабатывался для специфических задач, и такие интегральные индикаторы связанности имеют узкую сферу применения.

<sup>1</sup> См. «Метод декомпозиции вариации», формула (6)

## Литература:

1. Acharya V., Pedersen L., Philippe T., Richardson M. Measuring Systemic Risk. Manuscript, Stern School. New York University. – 2010. URL: <http://w4.stern.nyu.edu/emplibrary/Acharya-updated.pdf>
2. Adrian T., Brunnermeier M. CoVaR. Staff Report №348. – Federal Reserve Bank of New York. – 2008. – September. URL: <https://www.princeton.edu/~markus/research/papers/CoVaR>
3. Diebold F., Yilmaz K. On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. NBER Working paper №17490. – 2011. – October. URL: [www.nber.org/papers/w17490](http://www.nber.org/papers/w17490)
4. Engle R.F., Kelly B.T. Dynamic equicorrelation. Manuscript, New York University, 2009. URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1354525](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1354525)

### **Анализ распространения кредитного шока на МБК на основе Вектора Сноу**

Вектор Сноу (Snow Vector) предназначен для изучения каналов распространения кредитного шока на межбанковском рынке (за исключением рынка междилерского РЕПО), определения системно значимых заемщиков, наиболее уязвимых участников рынка, а также величины индивидуальных потерь банков и суммарных потерь банковского сектора от «эффекта домино».

Вектор Сноу определяется как метод анализа сетевых взаимосвязей на межбанковском кредитном рынке, позволяющий охарактеризовать негативный финансовый эффект («эффект домино») в случае невыполнения одним или несколькими контрагентами долговых обязательств. Вычисление значения вектора основывается на рассмотрении всех возможных комбинаций (сценариев) распространения кредитного шока. Число сценариев соответствует численности участников межбанковского рынка.

Выдвигается гипотеза, что каждый участник межбанковского рынка может выступить потенциальным дефолтером, т.е. стороной, не выполняющей долговые обязательства. Посредством имитационного моделирования рассчитываются потери в результате реализации кредитного риска по каждому из контрагентов дефолтера. Они равны сумме межбанковских обязательств (т.е. объему всех двухсторонних сделок, срок погашения которых приходится на данный рабочий день). После расчета величины потерь банки-контрагенты проверяются на способность выполнения обязательств перед другими участниками межбанковского рынка. Дефолт исходного контрагента отражается на финансовом положении участников по двум направлениям: возникновение убытков, которые влияют на достаточность капитала, и потеря ликвидности в результате невыполнения платежного графика.

Чтобы определить, выступит ли, в свою очередь, контрагент исходного дефолтера неплательщиком по обязательствам, в векторе Сноу используется несколько формальных критериев – снижение фактического значения нормативов: достаточности капитала H1, мгновенной ликвидности банка H2, текущей ликвидности банка H3 ниже определенных порогов в (полученных как 1%-ые персентили от распределения соответствующих величин по всем российским банкам), а также снижение величины собственных средств более чем на четверть. Если хотя бы один из критериев выполняется, банк считается потенциально уязвимым для «эффекта домино» и в последующем рассматривается как *дефолтер*.

Таким образом, метод анализа сетевых взаимосвязей на межбанковском кредитном рынке позволяет определить убытки от невозврата всех кредитов, выданных ранее, срок погашения по которым наступает в течение 5 рабочих дней. По итогам этого рабочего дня определяются перечень контрагентов-дефолтеров и направления распространения кредитного шока, индивидуальные потери банков и совокупные потери банковского сектора в результате дефолта исходного контрагента. Они рассчитываются как суммарные потери на этапах распространения «эффекта домино» – на каждом шаге вычисляются очередные потери банковского сектора, которые суммируются с предыдущими значениями. Алгоритм не ограничивает число раундов распространения дефолтов. Оно зависит от числа контрагентов с неустойчивым финансовым положением. В течение одного дня может произойти несколько раундов распространения неплатежей из-за связанности банков в сегменте «овернайт». По результатам серийных расчетов по данным российского рынка МБК полное распространение «эффекта домино» на весь банковский сектор, как правило, происходит в течение 1–4 раундов.

Согласно вектору Сноу, системная значимость банка в качестве заемщика определяется несколькими факторами: числом связей на рынке (численностью его контрагентов-кредиторов); финансовой устойчивостью контрагентов; совокупным размером позиции банка на межбанковском рынке; распределением позиции по контрагентам, т.е. концентрацией рисков.

#### Литература:

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

#### **Оценка системной значимости финансового института на основе вектора Шепли**

Модифицированный метод, построенный на основе вектора Шепли, позволяет оценивать степень системной значимости каждого участника рынка для финансового сектора и групп финансовых институтов со сходными портфелями бумаг, используемых в качестве залога в операциях РЕПО. В основе этого подхода лежит метод вектора Шепли, впервые предложенный американским экономистом Ллойдом Шепли из Принстонского университета в 1953 г. [1]. Рассматриваемый метод реализует принцип оптимальности распределения выигрыша между игроками в задачах теории кооперативных игр. Согласно определению, вектор Шепли представляет собой распределение, в котором выигрыш каждого игрока равен его среднему вкладу в благосостояние общей коалиции, образованной по некоторым правилам. Оценка вклада участника определяется как разность выигрышей коалиций с участием и без участия этого игрока.

Метод вектора Шепли получил развитие в 2009 г. при использовании в идентификации системно-значимых финансовых институтов в Банке международных расчетов Н. Тарашевым, К. Борио и К. Цацаронисом [2].

В Банке России используется модифицированный подход, который позволяет оценивать системную значимость финансовых институтов исходя из сценариев их индивидуальных дефолтов [3]. Общая оценка системной значимости складывается из трех компонент.

В первой части анализа для каждого финансового института рассчитываются потенциальные потери, которые понесет финансовый сектор в результате реализации индивидуального сценария дефолта. Потери Банка России не включаются в совокупные потери финансового сектора. Под индивидуальным сценарием понимается дефолт самого института и реализация последующего

«эффекта домино», вызванного неспособностью контрагентов исполнять свои обязательства. По оценкам, «эффект домино» занимает от одного до пяти раундов. Это означает, что дефолт одного участника вызывает дефолты его прямых контрагентов (первый раунд), последующие дефолты контрагентов-дефолтеров первого раунда и т.д.

В рамках второй компоненты для каждого финансового института рассчитываются потери финансового сектора в результате реализации индивидуальных сценариев дефолта за вычетом потерь непосредственных контрагентов первоначального дефолтера. Другими словами, искомые потери рассчитываются как потери сектора в результате реализации «эффекта домино» без учета потерь на первом раунде. Вектор, составленный из этих величин для всех финансовых институтов, и будет представлять собой модифицированный вектор Шепли. Данный подход позволяет оценить системный риск от реализации «эффекта домино» в результате дефолта отдельного финансового института (без учета суммы его обязательств) как совокупные потери участников рынка, не имеющих отношений с первоначальным дефолтером.

В третьей части рассчитываются потенциальные потери сектора в результате дефолта коалиций финансовых институтов, где под коалицией понимается группа участников рынка с близкой структурой портфелей. Согласно данному подходу для каждого игрока рынка РЕПО выявляется схожая по портфелю бумаг группа финансовых институтов. Следует отметить, что игроки могут одновременно входить в несколько коалиций. В качестве меры близости портфелей ценных бумаг рассматривается корреляция их стоимости.

В итоге, вектор Шепли, рассчитанный каждым из трех способов, характеризует степень системной значимости финансового института для сектора в целом. Для каждого описанного способа вектор рассчитывается по всем институтам, после чего участники рынка ранжируются исходя из значения вектора. При оценке системной значимости финансового института учитывается не только число его связей (численность контрагентов) и совокупный размер его рыночной позиции, но и структура связей на рынке в целом. Кроме того, в рамках третьего способа существенное влияние на системную значимость института оказывают структура и волатильность стоимости портфеля, а также число участников в его коалиции.

#### Литература:

1. Shapley L.S. A Value for n-person games // Annals of math studies. – 1953. – №28. – С. 307-312. URL: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_memoranda/2008/RM670.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2008/RM670.pdf)
2. Tarashev N., Borio C., Tsatsaronis K. The systemic importance of financial institutions // BIS Quarterly Review. – 2009. – September. – С. 75-86. URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1473007](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1473007)
3. Моисеев С.Р., Снегова Е.А. Системная значимость участников денежного рынка // Банковское дело. – 2012. – №3. – С. 24-29.

#### Квантильная регрессия

Квантильная регрессия – непараметрический метод регрессионного анализа, который используется в качестве альтернативы методу наименьших квадратов (МНК) [1, 2]. В то время как метод наименьших квадратов позволяет оценить зависимость условного среднего значения объясняемой (зависимой) переменной от объясняющей (зависящей) переменной, квантильная

регрессия нацелена на оценивание зависимости медианы или других квантилей объясняемой (зависимой) переменной от объясняющей (факторной) переменной. Для того чтобы использовать метод наименьших квадратов необходимо, чтобы наблюдения удовлетворяли гипотезам о независимости, однородности и нормальности распределения. На практике огромное количество рядов данных (в том числе, финансовые и экономические показатели) не удовлетворяют этим условиям по следующим причинам: в выборке присутствуют «выбросы» (возможно, вызванные второстепенным «мешающим» механизмом, который, тем не менее, невозможно отделить от основной тенденции); распределение элементов выборки не может быть точно определено; наблюдения не являются независимыми.

Одним из важных свойств квантильной регрессии является устойчивость к «выбросам», что делает данный метод более предпочтительным по сравнению с классическими моделями. Кроме того, для функций распределения с «тяжелыми хвостами» эффективность квантильных оценок значительно выше стандартных МНК-оценок, что нельзя сказать о распределениях со стандартными (типа гауссовских) «хвостами». В последнем случае можно использовать альтернативные непараметрические методы – ранговые процедуры.

Различные оценки параметров квантильной регрессии при различных квантилях могут интерпретироваться как различия в реакции зависимой переменной к изменениям независимых переменных уравнения регрессии в различных точках условного распределения зависимой переменной. Данные оценки являются состоятельными и асимптотически нормальными, что позволяет получить матрицу ковариаций распределения оценок параметров квантильной регрессии, то есть получить представление о размахе колебаний показателей.

С помощью медианной квантильной регрессии можно так же, как и с помощью классических методов, прогнозировать значения зависимой переменной. При этом в абсолютном большинстве случаев прогноз оказывается точнее, чем при использовании классических методов.

Прогнозирование при других уровнях квантиля позволяет получать прогноз с заранее определенной вероятностью (границей риска). Это свойство квантильной регрессии должно быть особенно привлекательно в экономических моделях, нацеленных на ограничение риска.

Метод квантильной регрессии активно используется в работе с цензурированными выборками (то есть полученными из изначальной выборки путем выброса экстремальных значений) [3], когда оценивание классическими методами затруднено. Для обычной квантильной регрессии в этом случае не нужно знать истинную величину зависимой переменной, но оценка коэффициентов оказывается смещенной. Такой проблемы не возникает при использовании цензурированной квантильной регрессии – полупараметрического двух-шагового метода, сочетающего квантильную регрессию и инструментальные переменные.

#### Литература:

1. Koenker R., Hallock K. F. Quantile regression // Journal of economic perspectives. – 2001. – №15(4). – С. 143-156.
2. Koenker R. Quantile regression. Cambridge. – Cambridge university press. – 2005. – 349 с.
3. Blundell R., Power J. Censored quantile regression with endogenous regressors // Journal of econometrics. – 2007. – № 141 (1). – С. 65-83.

## Структурный дефицит (профицит) ликвидности банковской системы

Структурный дефицит ликвидности банковской системы – превышение спроса банковского сектора на ликвидные средства над их предложением, формируемое за счет автономных факторов, то есть находящихся вне прямого контроля системы управления ликвидностью со стороны центрального банка. Обратная ситуация характеризует структурный профицит (избыток) ликвидности. В отличие от кратковременного, в том числе сезонного дефицита (профицита) ликвидности структурный дефицит (профицит), как правило, имеет более долговременный характер, проявляется либо как устойчивое состояние, либо как доминирующая тенденция.

Причинами возникновения структурного профицита ликвидности банковской системы могут быть [1]:

1. Регулярные интервенции центрального банка на валютном рынке с целью поддержания курса национальной валюты (в том случае, когда регулятор проводит политику фиксированного или регулируемого валютного курса). Такая ситуация характерна для развивающихся стран, которые имеют значительный приток иностранной валюты, вызванный:
  - товарным экспортом (в частности, экспортом энергоресурсов);
  - иностранными займами правительства или частного сектора;
  - прямыми иностранными инвестициями;
  - предоставлением финансовой помощи развитыми странами и международными фондами (преимущественно, беднейшим странам);
  - переводом заработной платы в иностранной валюте резидентами страны, работающими за рубежом, членам своих семей.
2. Финансирование правительства центральным банком.
3. Спасение проблемных банков от банкротства центральным банком как кредитором последней инстанции (например, в виде выкупа их активов).
4. Снижение центральным банком величины резервных требований.

Напротив, структурный дефицит ликвидности банковской системы может возникнуть в том случае, когда потоки ликвидности, описанные выше, незначительны или направлены в противоположную сторону (низкий объем иностранных займов и прямых иностранных инвестиций, отток иностранного капитала). Причиной формирования структурного дефицита ликвидности банковской системы также может являться повышение уровня кредитных и рыночных рисков в глобальной и национальной финансовой системах, сопровождающееся ростом несклонности инвесторов к риску, недоверием участников рынка друг к другу и сокращением объема качественного обеспечения на балансах банков.

Банковская система в состоянии структурного дефицита ликвидности характеризуется следующими особенностями функционирования [2]:

- Банки, имеющие на балансе качественное обеспечение, которое может быть использовано для получения средств центрального банка, привлекают необеспеченные займы на рынке межбанковского кредитования по более низкой ставке, чем прочие банки. Доступ к системе рефинансирования центрального банка снижает для таких банков риск ликвидности и, соответственно, ставки, по которым они готовы привлекать средства на межбанковском рынке. Возникающая разница в ставках называется премией за доступ.
- В том случае, когда доступ к системе рефинансирования центрального банка и рынку обеспеченного кредитования имеют все (или почти все) банки, премия за доступ уменьшается и становится равной цене установления такого доступа.

- Премия за доступ снижается при переходе финансовой системы от дефицита ликвидности к профициту.
- Иностранные банки, не имеющие доступа к системе рефинансирования центрального банка, более зависимы от денежного рынка и платят более высокие ставки, привлекая средства. Эта особенность сохраняется даже в ситуации структурного профицита ликвидности, что объясняется наличием валютного риска для таких банков, несовершенством рынка и асимметрией информации о качестве заемщика.
- Предоставление иностранным банкам доступа к системе рефинансирования центрального банка снижает для них стоимость привлечения средств на денежном рынке.

Задачей центрального банка может быть поддержание как дефицита, так и профицита ликвидности в зависимости от целей денежно-кредитной и макроэкономической политики. Наличие незначительного структурного дефицита ликвидности в большей степени способствует эффективно-му влиянию денежно-кредитной политики центрального банка на экономику, чем наличие профицита. В то же время, нередки случаи, когда оптимальной политикой центрального банка является сохранение профицита ликвидности. Например, Банк Японии в 1990-е гг. обеспечивал значительный профицит ликвидности банковской системы для выхода экономики из дефляционной ловушки. В настоящее время ФРС США и ЕЦБ также проводят масштабные программы количественного смягчения, вливая в экономику в целях ее стимулирования значительный объем финансовых средств и поддерживая близкий к нулю уровень процентных ставок.

В России приток иностранной валюты в результате значительного объема экспорта энергоносителей и меры Банка России по ограничению укрепления рубля привели в первой половине 2000-х гг. к формированию структурного профицита ликвидности. В 2004 г. был создан Стабилизационный фонд, который позволил аккумулировать значительный объем бюджетных доходов от экспорта энергоресурсов. Банк России, в свою очередь, сосредоточил усилия на уменьшении профицита ликвидности в банковской системе с помощью инструментов денежно-кредитной политики. При этом регулятор избегал повышения процентных ставок, которое уменьшило бы профицит ликвидности, т.к. такое повышение могло вызвать дополнительный приток капитала и негативным образом повлиять на конкурентоспособность резидентов (посредством изменения обменного курса) и уровень инфляции. Вместо этого были использованы другие механизмы абсорбирования избытка ликвидности: выпуск облигаций Банка России, операции обратного РЕПО с гособлигациями, привлечение депозитов коммерческих банков и продажа государственных ценных бумаг, находящихся в собственности Банка России.

С началом кризиса 2008-2009 г. финансовая система России постепенно перешла в состояние структурного дефицита ликвидности. Коммерческие банки стали на регулярной основе прибегать к операциям рефинансирования Банка России. В ответ на возросший спрос на ликвидность регулятор проводил ряд мер по расширению возможностей и повышению гибкости системы рефинансирования, среди которых:

- Расширение списка активов, которые могут быть использованы в качестве обеспечения по кредитам Банка России (в частности, в данный список были включены поручительства банков, нерыночные активы, золото);
- Снижение минимального рейтинга ценных бумаг, входящих в Ломбардный список Банка России (т.е. ценных бумаг, которые могут быть использованы в качестве обеспечения по кредитам Банка России);
- Снижение дисконтов для ОФЗ и ОБР по операциям прямого РЕПО;
- Ведение аукционов РЕПО со сроком 3 месяца и неделя;

- Проведение операций РЕПО с акциями.

#### Литература:

1. Gray S. T. Central bank management of surplus liquidity. Bank of England. 2006. URL: <http://www.bankofengland.co.uk/education/Pages/ccbs/ls/lshb06.aspx>
2. Kraenzlin S., Nellen T. Access policy and money market segmentation. Swiss National Bank. 2012. URL: [http://www.snb.ch/n/mmr/reference/working\\_paper\\_2012\\_12/source](http://www.snb.ch/n/mmr/reference/working_paper_2012_12/source)

### Трансмиссия ликвидности

Трансмиссия ликвидности (Transmission of Liquidity) – процесс последовательной передачи рублевых средств на денежном рынке (путем заключения сделок прямого РЕПО, МБК, «валютный своп» или других сроком исполнения менее года) от первичных кредиторов к ретрансляторам ликвидности и далее вплоть до конечных заемщиков денежных средств [1].

Впервые понятийный аппарат анализа трансмиссии ликвидности был представлен Департаментом финансовой стабильности Банка России в «Отчете о состоянии рынка междилерского РЕПО» в I квартале 2012 г. (с. 26.), публикуемом ежеквартально. Начиная с I квартала 2013 г. отчет был трансформирован в «Обзор денежного рынка».

В основе механизма трансмиссии денежной ликвидности лежит концепция деления рынка на ярусы. Весь денежный рынок представлен в виде многоярусной системы, характеризующей последовательность распределения ликвидности между группами участников рынка. *Ярус* на денежном рынке характеризует пул ликвидности, проходящий через участников одной группы. Ярусы на рынке последовательно выстраиваются в зависимости от близости участников к первичным кредиторам, являющихся 0-м ярусом. Главным источником рублевой ликвидности для банковского сектора на данный момент являются инструменты рефинансирования, предоставляемые Банком России, который в свою очередь является ключевой компонентой 0-го яруса. Принадлежность участников рынка к последующим ярусам определяется итерационно: к следующему по счету ярусу относятся заемщики, заключающие сделки на денежном рынке с кредиторами предыдущего яруса. Конечные заемщики являются участниками рынка последнего яруса. Таким образом формируется «дерево» связей между участниками рынка, определенных по разным ярусам.

Обычно на российском денежном рынке количество последовательных передач рублевых средств не превышает трех-четырёх, т.е. ликвидность перераспределяется от участников 0-го яруса вплоть до 3-го или 4-го ярусов. Крупнейшие банки имеют прямой доступ к рефинансированию Банка России и, соответственно, являются участниками 1-го яруса. Суммарный объем сделок на 1-м ярусе составляет большую долю денежного рынка.

Разработанная Департаментом финансовой стабильности Банка России аналитическая система позволяет проводить оперативный мониторинг и динамический анализ эффективности трансмиссионного механизма на денежном рынке, а также решать ряд смежных задач: отслеживать реакцию индикаторов рынка на изменение процентных ставок, параметров и процедур управления ликвидностью Банка России; измерять характеристики распределения ликвидности на рынке в разрезе групп его участников; исследовать динамику ставок денежного рынка со стороны Банка России и др. Аппарат анализа трансмиссии ликвидности на денежном рынке используется на регулярной основе и постоянно совершенствуется.

## Литература:

1. Моисеев С.Р., Пантина И.В., Сосюрко В.В. Анализ трансмиссии ликвидности на рынке междилерского РЕПО // Деньги и кредит. – 2012. – №7. – С. 65-71.

### **Сетевой анализ денежного рынка**

Понимание структуры и связей денежного рынка является крайне важным для поддержания финансовой стабильности банковского сектора. После финансового кризиса 2008-09 гг. сетевые взаимосвязи между банками стали рассматриваться органами регулирования, академическим сообществом и самими участниками рынка как характеристики, требующие постоянного мониторинга и анализа [1-8]. Базельский комитет банковского надзора предложил рассматривать взаимозависимость банков как со стороны активов, так и со стороны обязательств в качестве признака системной значимости финансового института [1]. Соответственно, системный риск в форме распространения дефолта на денежном рынке попал под пристальное внимание риск-менеджеров, финансовых аналитиков и специалистов центральных банков.

С точки зрения центрального банка сетевая структура денежного рынка важна в нескольких аспектах. Прежде всего, она определяет характер взаимоотношений банков, объемы и направления денежных потоков. Все это влияет на способность центрального банка управлять ликвидностью банковского сектора и уровнем процентных ставок на денежном рынке. Таким образом, информация о структуре денежного рынка позволяет оценивать управляемость процентных ставок и эффективность денежно-кредитной политики.

Другой немаловажный аспект сетевой структуры денежного рынка связан с риском ликвидности. Во-первых, денежный рынок рассматривается как механизм перераспределения текущей ликвидности, на котором банки могут застраховать себя от индивидуальных шоков ликвидности или покрыть временный разрыв между входящими и исходящими денежными потоками. Во-вторых, как подсказывает теория принципала-агента, межбанковские позиции могут служить своеобразным неформальным инструментом мониторинга контрагентов (в зарубежной литературе его называют «peer monitoring»). Наблюдая за состоянием межбанковских позиций, банки могут косвенным образом судить об оценке кредитоспособности данного участника рынка со стороны его контрагентов. В третьих, на денежном рынке часто формируются устойчивые связи, при наличии которых банки могут кредитовать друг друга на нерыночных привилегированных условиях. Анализ всех перечисленных аспектов сетевой структуры денежного рынка позволяет оценить, насколько отдельно взятый банк подвержен риску ликвидности.

Наконец, в последнюю очередь, изучение структуры денежного рынка необходимо для оценки системного риска, которому подвергается вся финансовая система в целом. Если межбанковская сеть является «полной», т.е. все участники имеют связи друг с другом, то шок ликвидности одного банка может быть легко передан другим участникам. С одной стороны, частота возникновения шоков для отдельно взятого участника рынка будет выше, однако системный характер шока – ниже, поскольку потери будут равномерно распределены между всеми участниками рынка. Напротив, если рынок выглядит сегментированным и на нем выделяются кластеры контрагентов, то риск ликвидности может обрести системный характер.

Резюмируя потребность центрального банка в сетевом анализе денежного рынка, можно выделить его следующие задачи:

- количественная оценка текущего системного риска и его динамики;
- идентификация системно значимых кредиторов и заемщиков;
- оценка характеристик распределения ликвидности на денежном рынке, ценовых и объемных условий в различных группах банков;
- определение источников колебаний рыночной конъюнктуры;
- идентификация каналов возможного распространения кризиса на денежном рынке;
- проведение стресс-тестирования, сценарного анализа и других процедур имитационного моделирования для оценки риска ликвидности;
- визуализация структуры рынка для удобства аналитического восприятия межбанковского взаимодействия.

Сетевой анализ денежного рынка позволяет обосновывать меры надзорного реагирования в случае угроз финансовой стабильности. В частности, ограничение или запрет на осуществление банком отдельных видов деятельности на денежном рынке и рынке капитала (включая выпуск финансовых инструментов); предъявление дополнительных пруденциальных требований к банку (группе) и/или их ужесточение в части ликвидности; принятие мер, направленных на снижение системных рисков на отдельных сегментах финансового рынка. Кроме того, сетевой анализ может оказаться полезным за пределами банковского регулирования и надзора. В частности, при наблюдении за стабильностью работы платежной системы (как национальной, так и частной), а также для оценки финансовой устойчивости центрального контрагента.

#### Литература:

1. Basel Committee on Banking Supervision Global systemically important banks: assessment methodology and the additional loss absorbency requirement // Bank for International Settlements. – December 20, 2011. URL: <http://www.bis.org/publ/bcbs207.pdf>
2. Martinez-Jaramillo S., Alexandrova-Kabadjova B., Bravo-Benítez B., Solórzano-Margain, J. An empirical study of the Mexican banking system's network and its implications for systemic risk // Bank of Mexico Working paper. – 2012. – № 2012-07 URL: <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/documentos-de-investigacion/banxico/%7BBE248DA4-CDC7-721A-8941-6B5F0CED1CC7%7D.pdf>
3. Minoiu C., Reyes J.A. A network analysis of global banking: 1978–2010 // IMF Working Paper. – 2013. – № 74. URL: <http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2011/07876.pdf>
4. Boss M., Elsinger H., Summer M., Thurner S. An empirical analysis of the network structure of the Austrian interbank market // Oesterreichische Nationalbank Financial Stability Report. – June, 2004. – С. 77-87. URL: [http://nationalbank.at/en/img/fsr7\\_networkinterbankmarket\\_tcm16-9507.pdf](http://nationalbank.at/en/img/fsr7_networkinterbankmarket_tcm16-9507.pdf)
5. Nier E., Yang J., Yorulmazer T., Alentorn A. Network models and financial stability // Journal of Economic Dynamics And Control. – 2007. – № 31. – С. 2033–2060. URL: <http://www.bankofengland.co.uk/publications/Documents/workingpapers/wp346.pdf>
6. Georg C.P. The effect of the interbank network structure on contagion and financial stability // Global Financial Markets Working Paper. – 2010. – № 12 URL: <http://www.econstor.eu/bitstream/10419/52134/1/671536869.pdf>
7. Iori, G., De Masi G., Precup O., Gabbi G., Caldarelli G. A Network Analysis of the Italian Overnight Money Market // Journal of Economic Dynamics and Control. – 2007. URL: [https://www.city.ac.uk/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/90260/0505\\_iori-et-al.pdf](https://www.city.ac.uk/_data/assets/pdf_file/0017/90260/0505_iori-et-al.pdf)
8. Hausenblas V., Kubicova I., Lesanovska J. Contagion Risk in the Czech Financial System: A Network Analysis and Simulation Approach // Czech National Bank Working Paper Series. –

### Методика расчета сетевых показателей при выделении системно значимых участников денежного рынка

При идентификации системно значимых участников денежного рынка кроме традиционных объемных и количественных показателей используются характеристики сети. Традиционные показатели, например, такие как объемы заимствования, количество кредиторов, количество клиентов, и т.д., позволяют определить системную значимость участника на основе его собственных операций, и не учитывают взаимного влияния участников друг на друга. Сетевые показатели, напротив, позволяют определять системную значимость участников с учетом взаимосвязей всех операций, проводимых на денежном рынке. Банк России рассчитывает шесть сетевых показателей при выделении системно значимых участников денежного рынка<sup>2</sup>.

#### Отношение числа кредиторов (заемщиков) к числу участников рынка (*degree centrality*)

Показатель  $d_i^{\text{кред}}$  ( $d_i^{\text{заем}}$ ) характеризует степень диверсификации (по количеству участников) размещения и привлечения ликвидности участником  $i$ .

$$0 < d_i^{\text{заем}} = \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}}{n-1} \leq 1$$
$$0 < d_i^{\text{кред}} = \frac{\sum_{j=1}^n p_{ji}}{n-1} \leq 1$$

где  $i$  –  $i$ -ый участник;

$n$  – количество участников рынка;

$$p_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{если } j \text{ – ый участник кредитует } i \text{ – го} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}.$$

#### Отношение объема кредитования (заимствования) к объему рынка (*valued degree centrality*)

Показатель  $V_i^{\text{кред}}$  ( $V_i^{\text{заем}}$ ) характеризует степень диверсификации (по объему операций) размещения и привлечения ликвидности участником  $i$ .

$$0 < V_i^{\text{заем}} = \frac{\sum_{j=1}^n v_{ji}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_{ij}} \leq 1$$
$$0 < V_i^{\text{кред}} = \frac{\sum_{j=1}^n v_{ji}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_{ij}} \leq 1$$

где  $v_{ji}$  – объем кредитования, предоставленного  $j$ -м участником  $i$ -му.

#### Степень близости кредитора (заемщика) к центру рынка (*proximity centrality*)

Коэффициент характеризует степень взаимосвязи участника с его контрагентами или, другими словами, «центральность» положения участника: чем больше коэффициент, тем ближе участник к «центру рынка»<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> При разработке набора показателей использовался аналитический аппарат анализа функционирования платежной системы, проводимого экспертами Центрального банка Венгрии [1].

<sup>3</sup> Под гипотетическим «центром рынка» понимается участник, который выступает единственным источником ликвидности на идеальном централизованном рынке.

Степень близости  $c_i^{\text{кред}}$  ( $c_i^{\text{заем}}$ ) рассчитывается как отношение доли кредиторов (заемщиков) в общем числе участников, в том числе через посредников, рассматриваемого участника, к среднему расстоянию до соответствующих кредиторов (заемщиков). Расстояние между участником и его кредитором измеряется как количество посредников между ними в цепочке кредитования, увеличенное на единицу.

$$0 < c_i^{\text{заем}} = \frac{I_i / (n - 1)}{\sum_{j=1}^n l_{ji} / I_i} \leq 1$$

$$0 < c_i^{\text{кред}} = \frac{I_i / (n - 1)}{\sum_{j=1}^n l_{ij} / I_i} \leq 1$$

где  $I_i$  – количество участников, которых кредитует  $i$ -ый участник (в том числе через посредников), т.е. если  $i$ -ый участник кредитует  $k$ -го,  $k$ -ый  $l$ -го, а  $l$ -ый  $j$ -ого, то участник  $i$  кредитует участников  $k, l, j$ , причем кредитование  $l$ -го и  $j$ -го участников происходит через посредников;

$J_i$  – количество участников, которые кредитуют  $i$ -го участника (в том числе через посредников);

$l_{ji}$  – минимальная длина цепочки кредитования от  $j$ -го участника к  $i$ -му (соответствует минимальному числу посредников при кредитовании  $j$ -м участником  $i$ -го, увеличенному на единицу) – т.е. если  $j$ -ый участник непосредственно кредитует  $i$ -ого, то  $l_{ji} = 1$ , если же  $j$ -ый кредитует  $k$ -го, а  $k$ -ый  $i$ -го, то  $l_{ji} = 2$ , и т.д.

Таким образом, степень центральности участника тем выше,

- чем больше кредиторов (заемщиков) у участника (включая кредиторов (заемщиков) через посредников);
- чем ближе кредиторы (заемщики) участника к нему (т.е. чем меньше между ними посредников).

*Взвешенная степень близости кредитора (заемщика) к центру рынка (weighted proximity centrality)*

Коэффициент аналогичен описанному выше и характеризует степень взаимосвязи участника с его контрагентами с учетом объемов операций.

Степень близости рассчитывается как отношение доли (от общего числа участников) кредиторов (заемщиков), в том числе через посредников, рассматриваемого участника, к среднему расстоянию до соответствующих кредиторов (заемщиков), с учетом объемов операций:

$$0 < cw_i^{\text{заем}} = \frac{\sum_{j=1}^n v_{ji}^{\text{min}} / W}{\sum_{j=1}^n l_{ji} \cdot v_{ji}^{\text{min}} / \sum_{j=1}^n v_{ji}^{\text{min}}} \leq 1$$

$$0 < cw_i^{\text{кред}} = \frac{\sum_{j=1}^n v_{ji}^{\text{min}} / W}{\sum_{j=1}^n l_{ij} \cdot v_{ji}^{\text{min}} / \sum_{j=1}^n v_{ji}^{\text{min}}} \leq 1$$

где  $W$  – совокупный объем  $(n-1)$  сделок максимального объема по всему рынку;

$l_{ji}$  – минимальная длина цепочки кредитования от  $j$ -го участника к  $i$ -му (соответствует минимальному числу посредников при кредитовании  $j$ -м участником  $i$ -го,

увеличенному на единицу) – т.е. если  $j$ -ый участник непосредственно кредитует  $i$ -го, то  $l_{ji} = 1$ , если же  $j$ -ый кредитует  $k$ -го, а  $k$ -ый  $i$ -го, то  $l_{ji} = 2$ , и т.д.;

$v_{ji}^{min}$  – минимальный объем кредитования из всех объемов в цепочке кредитования от  $j$ -го участника к  $i$ -му. Например, если  $j$ -ый участник кредитует  $k$ -го на 12 млрд. руб., а  $k$ -ый кредитует  $i$ -го на 8 млрд. руб., то  $v_{ji}^{min} = 8$ .

Таким образом, степень центральности участника тем выше,

- чем больше кредиторов (заемщиков) у участника, включая кредиторов (заемщиков) через посредников;
- чем более крупные объемы кредитования (заимствования) у участника (его контрагентов);
- чем ближе кредиторы (заемщики) участника к нему (т.е. чем меньше между ними посредников).

#### *Посредническая нагрузка на участника (betweenness centrality)*

Коэффициент посреднической нагрузки характеризует степень вовлеченности участника в операции по передаче ликвидности на рынке: чем выше коэффициент, тем чаще участник рынка выступал в роли посредника.

Коэффициент рассчитывается, как среднее значение отношения количества кратчайших цепочек кредитования, проходящих через рассматриваемого участника, к общему количеству кратчайших цепочек кредитования:

$$0 < b_i = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{jk}^i}{g_{jk}} / (n-1) \cdot (n-2) \leq 1$$

где  $g_{jk}$  – количество цепочек кредитования от  $j$ -го участника к  $k$ -му минимальной длины;

$g_{jk}^i$  – количество цепочек кредитования от  $j$ -го участника к  $k$ -му минимальной длины, в которых участвует  $i$ -ый участник.

Таким образом, чем в большем числе цепочек кредитования присутствует участник, тем выше коэффициент его посреднической нагрузки.

#### *Взвешенная посредническая нагрузка на участника (weighted betweenness centrality)*

Коэффициент аналогичен описанному выше, однако при его расчете учитываются объемы операций на рынке.

Коэффициент рассчитывается, как среднее значение отношения количества кратчайших цепочек кредитования, проходящих через рассматриваемого участника, к общему количеству кратчайших цепочек кредитования с учетом объемов операций:

$$0 < bw_i = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{gw_{jk}^i}{gw_{jk}} / (n-1) \cdot (n-2) \leq 1$$

где  $gw_{jk}$  – сумма минимальных объемов кредитования в цепочках кредитования от  $j$ -го участника к  $k$ -му минимальной длины;

$gw_{jk}^i$  – сумма минимальных объемов кредитования в цепочках кредитования от  $j$ -го участника к  $k$ -му минимальной длины, в которых участвует  $i$ -ый участник.

Таким образом, коэффициент взвешенной посреднической нагрузки участника тем выше,

- чем в большем числе цепочек кредитования присутствует участник;
- чем в большем числе цепочек кредитования с высокими объемами кредитования/заимствования присутствует участник.

#### Литература:

1. Lubloy A. Topology of the Hungarian large-value transfer system. Central bank of Hungary Working Paper. July 2006.  
URL: [http://english.mnb.hu/Kiadvanyok/mnben\\_muhelytanulmanyok/mnben\\_op\\_57](http://english.mnb.hu/Kiadvanyok/mnben_muhelytanulmanyok/mnben_op_57)

### Терминология сетевого анализа

Методическую основу сетевого анализа составляет *теория графов*. Эта теория оперирует объектами, именуемыми вершинами (vertices или nodes) и связями между ними, называемыми ребрами (arcs или edges). Если ребрам не приписаны положительные числа, именуемые весами, то граф называется бинарным (binary graph), а если приписаны, то взвешенным (weighted graph). Если между вершинами определено направление потока, то граф называют направленным (directed graph). В противном случае он называется ненаправленным (undirected graph). Каждый взвешенный граф легко преобразуется в бинарный граф путем обнуления весов, и в ненаправленный – путем удаления направлений ребер. Минимальный набор из двух вершин и одной связью между ними формирует простой граф (simple graph). Полным или совершенным графом (complete graph) называют графы, где все вершины связаны друг с другом

*Абсолютно централизованный рынок* – рынок, сеть которого имеет форму графа-звезды (и, соответственно, имеет максимально возможную дисперсию степени вершин среди всех графов с таким же числом вершин).

*Безмасштабные сети (scale-free network)* – сети, степени вершин в которых следуют экспоненциальному закону распределения [1]. Такие графы обладают низким кластерным коэффициентом и малым количеством вершин с большой степенью. Если шок поразит произвольную вершину, то с большой вероятностью она не будет ключевой и, следовательно, эффекта заражения не возникнет.

*Вариация взвешенной входящей степени (outcome weighted degree variation)* - стандартное отклонение доли объема кредитования каждого участника денежного рынка от среднего объема кредитования (также каждого участника денежного рынка); характеризует степень неоднородности рынка; измеряется в процентах от средней величины. Высокое значение данного показателя может свидетельствовать о низкой степени диверсификации рисков у отдельных участников денежного рынка и наоборот.

*Вариация взвешенной исходящей степени (income weighted degree variation)* - стандартное отклонение доли объема заимствования каждого участника денежного рынка от среднего объема заимствования (также каждого участника денежного рынка); характеризует степень неоднородности рынка; измеряется в процентах от средней величины. Высокое значение данного показателя может свидетельствовать о существовании отдельных банков с небольшим объемом привлеченных средств.

*Вариация числа заемщиков по всем кредиторам денежного рынка (income degree variation)* - стандартное отклонение числа кредиторов у заемщиков рынка; характеризует степень неоднородности рынка; измеряется в процентах от средней величины. Высокое значение данного показателя может свидетельствовать о низкой степени диверсификации рисков у отдельных участников денежного рынка.

*Вариация числа кредиторов по всем заемщикам денежного рынка (outcome degree variation)* - стандартное отклонение числа кредиторов у заемщиков рынка; характеризует степень неоднородности рынка; измеряется в процентах от средней величины. Высокое значение данного показателя может свидетельствовать о низкой степени диверсификации рисков у отдельных участников денежного рынка.

*Взвешенный коэффициент ассортативности (weighted assortativity)* - корреляция исходящих степеней кредиторов с входящими степенями их заемщиков [2]. Если коэффициент положителен, то это означает, что активные (по объему выданного кредита) кредиторы склонны кредитовать активных (по объему заимствования) заемщиков и, наоборот, неактивные кредиторы склонны кредитовать неактивных заемщиков. Если коэффициент ассортативности отрицателен, то неактивные кредиторы склонны устанавливать связь с активными заемщиками и наоборот. Значение данного коэффициента около нуля говорит о том, что нет ярко выраженной тенденции.

*Взвешенная степень вершины (weighted degree)* – объем операций (как кредитования, так и заимствования) у соответствующего участника денежного рынка. Показывает меру активности участника денежного рынка, оцениваемую объемом операций.

*Взвешенная степень близости к абсолютно центрированному рынку* - отношение вариации степени взвешенного неориентированного графа рынка к вариации графа-звезды с тем же числом вершин и такой же плотностью (ребрам графа-звезды приписаны одинаковые веса); измеряется в процентах от вариации графа-звезды. Высокое значение данного показателя свидетельствует о близости рынка к максимально централизованному рынку, когда один участник играет роль ключевого кредитора и ключевого заемщика. При этом остальные участники образуют "периферию" и не участвуют в операциях друг с другом напрямую, а только через ключевого игрока.

*Граф-звезда* - граф, в котором все вершины не соединены друг с другом, за исключением одной - связанной со всеми остальными вершинами графа.

*Кластерный коэффициент (clustering coefficient) вершины графа* – отношение плотности окрестности вершины к максимально возможной плотности окрестности вершины в неориентированном графе, характеризующем рынок [3-4]. Высокие значения данного показателя свидетельствуют о высокой концентрации рисков.

*Кластерный коэффициент (clustering coefficient) графа* – средний кластерный коэффициент по всем вершинам графа; характеризует степень диверсификации рисков на денежном рынке. Высокие значения данного показателя свидетельствуют о высокой концентрации рисков.

*Коэффициент ассортативности (assortativity)* - корреляция исходящих степеней кредиторов с входящими степенями их заемщиков [2]. Если коэффициент положителен, то это означает, что активные (по числу заемщиков) кредиторы склонны кредитовать активных (по числу кредиторов) заемщиков и, наоборот, неактивные кредиторы склонны кредитовать неактивных заемщиков. Если же коэффициент ассортативности отрицателен, то неактивные кредиторы склонны

устанавливать связь с активными заемщиками и наоборот. Значение данного коэффициента около нуля говорит о том, что нет ярко выраженной тенденции.

*«Малый мир» («small-world»)* - сеть с низким значением средней длины кратчайшего пути [3].

*Окрестность вершины* – подграф сети, содержащий все вершины, с которыми соединена данная вершина и соответствующие этим связям ребра.

*Плотность графа (edge density)* - отношение числа ребер в неориентированном бинарном графе, характеризующем текущее состояние денежного рынка к максимально возможному числу ребер в полном графе; принимает значения от 0 до 1; характеризует степень интеграции денежного рынка (чем ближе данный показатель к 1, тем более фрагментирован и менее централизован рынок).

*Полный граф (complete graph)* – граф, у которого реберная плотность равна 1.

*Разряженный граф* – граф с низкой реберной плотностью.

*Средневзвешенная степень (weighted-average degree)* - среднее значение взвешенной степени по всем вершинам.

*Средняя длина кратчайшего пути (average geodesic path length)* - среднее (по всем парам вершин в неориентированном графе рынка) значение минимального количества ребер графа, которые необходимо пройти, чтобы добраться от одного участника рынка до другого участника рынка с учетом направления; показывает среднее число итераций, необходимое для того, чтобы шок, возникший в системе, достиг случайно выбранного участника денежного рынка. Высокие значения данного показателя свидетельствуют о близости рынка к сети "малого мира" (small-world network).

*Средняя степень вершины (average degree)* – среднее значение степени по всем вершинам.

*Степень близости к абсолютно централизованному рынку* - отношение вариации степени бинарного неориентированного графа рынка к вариации графа-звезды с тем же числом вершин; измеряется в процентах от вариации графа-звезды. Высокое значение данного показателя свидетельствует о близости рынка к максимально централизованному рынку, когда один участник играет роль ключевого кредитора и ключевого заемщика. При этом остальные участники образуют "периферию" и не участвуют в операциях друг с другом напрямую, а только через ключевого игрока.

*Степень вершины (degree)* - число контрагентов (как кредиторов, так и заемщиков) у соответствующего участника денежного рынка. Показывает степень активности участника денежного рынка, измеряемое числом контрагентов.

*Число активных участников* - среднее число контрагентов у участников денежного рынка, взвешенное по объему операций; характеризует количество участников, через которых проходит основной объем операций на денежном рынке.

*Модель «ядро-периферия» («Core/Periphery»)* заключается в выделении в качестве ядра небольшой группы банков, активно участвующих в сделках на денежном рынке в качестве и кредиторов, и заемщиков [5-6]. При этом оставшиеся банки, образующие периферию, связаны друг с другом не напрямую, а только через членов ядра. Определение состава ядра преследует две цели. Во-первых, идентифицируется некоторая группа банков (ядро), которые в силу

исторических, институциональных или каких-либо других причин активно взаимодействуют друг с другом, образуя своеобразное «сообщество» на рынке МБК. Во-вторых (что более важно), данный подход позволяет разделить банки на системно значимые и незначимые. Банки из ядра являются системно значимыми, поскольку они, имея большое число связей на рынке, с одной стороны, несут более высокие в сравнении с другими участниками кредитный риск и риск ликвидности, а с другой стороны, сами служат источниками данных рисков. Кроме того, они выполняют функцию посредников между членами периферии, не имеющими возможность участвовать в сделках друг с другом напрямую, чем и определяется особая роль участников ядра как потенциальных «переносчиков» эффекта заражения на рынке МБК.

Выявление ядра и периферии происходит по следующему алгоритму:

- 1) Выбираются 200 участников, которые по своей активности (числу и объему операций) могут претендовать на принадлежность к ядру.
- 2) Из числа 200 наиболее активных участников выбирается один произвольный участник и добавляется в ядро.
- 3) В ядро добавляется один участник из выборки. Оценивается близость к идеальному рынку.
- 4) П. 3 выполняется для всех комбинаций ядра, состоящего из двух участников. Среди всех возможных вариантов в ядре остаются те участники, которые обеспечивают минимальную близость к идеальному графу.
- 5) К ядру из двух участников из п. 4 добавляется третий участник из выборки. Оценивается близость к идеальному рынку. Выполняются аналогичные оценки расстояния до идеального рынка.
- 6) Процедура добавления участников в ядро происходит до тех пор, пока мера близости к идеальному рынку при добавлении участника значимо увеличивается.
- 7) Операции п.2 – 5 выполняются для различных комбинаций. Итогом построения ядра является выбор участников, для которых мера близости к идеальному рынку максимальна.

Литература:

1. Clauset A., Shalizi C. R., Newman M. E. J. Power-law distributions in empirical data// SIAM Review. – 2009. – №51. – С. 661-703 URL: <http://arxiv.org/pdf/1208.3524.pdf>
2. Newman M. E. J. Mixing patterns in networks // Phys. Rev. – 2003. – № 67. – С. 26-126. URL: <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0209450.pdf>
3. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamic of small-world networks // Nature. – 1998. – Vol. 393. – С. 409-410. URL: <http://www.sjtuath.info/Course/slides/NetSci-2012-7.pdf>
4. Holland P. W., Leinhardt S. Transitivity in structural models of small groups // Comparative Group Studies. – 1971. – С. 107–124.
5. Borgatti S. P., Everett M. G. Models of core/periphery structures // Social Networks. – 2000. – №21. – С. 375-395. URL: [http://www.academia.edu/download/30268224/borgatti\\_-\\_models\\_of\\_core-periphery\\_structures.pdf](http://www.academia.edu/download/30268224/borgatti_-_models_of_core-periphery_structures.pdf)
6. Hojman, D., Szeidl A. Core and periphery in networks // Journal of Economic Theory. – 2008. – №139. – С. 295-309.

## Метрики центральности для измерения системной значимости участников денежного рынка

Сеть рублевого денежного рынка<sup>4</sup> представляет собой сложную неоднородную структуру, состоящую из 600-900 участников и около 2,5 тысяч связей (в зависимости от даты). Для выявления системно значимых игроков требуется изучить топологию сети денежного рынка, что также позволяет получить представление о различных ролях (например, о ключевых кредиторах, заемщиках или посредниках, о наиболее уязвимых банках или источниках шока), которые финансовые организации играют на денежном рынке и об их вкладе в системный риск. Всего по схожести в экономической интерпретации и способу вычисления было выделено 7 различных групп метрик центральности (ниже приводится их описание).

*Входящая степень вершины (income degree)* равняется числу кредиторов у соответствующего участника денежного рынка и измеряет его активность в составе сети в качестве заемщика.

*Исходящая степень вершины (outcome degree)* равняется числу заемщиков у соответствующего участника денежного рынка и измеряет его активность в составе сети в качестве кредитора.

*Простая степень вершины (или просто степень, degree)* равняется сумме числа кредиторов и числа заемщиков у участника денежного рынка.

*Входящая взвешенная степень вершины (income weighted degree)* – объем операций заимствования у соответствующего участника денежного рынка. Показывает степень активности участника денежного рынка в качестве заемщика, измеряемую объемом операций.

*Исходящая взвешенная степень вершины (outcome weighted degree)* – объем операций кредитования у соответствующего участника денежного рынка. Показывает степень активности участника денежного рынка в качестве кредитора, измеряемую объемом операций.

*Взвешенная степень вершины (outcome weighted degree)* – объем операций (как кредитования, так и заимствования) у соответствующего участника денежного рынка. Показывает степень активности участника денежного, измеряемую объемом операций.

*Центральность на основе собственного вектора (eigenvector centrality)* является расширением понятия простой степени. Идея этой метрики в том, чтобы в показателе центральности каждого участника учитывать показатели центральности его кредиторов и заемщиков - чем более «центральными» являются контрагенты участника, тем более «центральным» является сам участник. Другими словами, в бинарном графе рынка показатель центральности участника пропорционален сумме показателей центральности всех его контрагентов, а во взвешенном графе – пропорционален сумме произведений показателей центральности всех его контрагентов на объемы операций между контрагентом и исследуемым участником.

*Центральность по Клейнбергу (hub and authority scores)* является расширением понятия центральности на основе собственного вектора [1]. Идея этой метрики в том, чтобы в показателе центральности кредитора учитывать показатели центральности его заемщиков, и, наоборот, в показателе центральности заемщика – показатели центральности его кредиторов. В модели Клейнберга каждому участнику приписываются два показателя – вероятность<sup>5</sup> стать потенциальным дефолтером и вероятность стать потенциальным источником шока. В бинарном

---

<sup>4</sup> Под графом денежного рынка на некоторую дату ХХ.УУ.20ZZ понимается граф, содержащий все сделки со сроком погашения не позднее, чем через пять рабочих дней после выбранной даты ХХ.УУ.20ZZ (использовались данные из формы 0409711).

<sup>5</sup> В данном случае вероятность следует понимать как некоторый показатель, принимающий значение от 0 до 1, свидетельствующий о значимости участника рынка, а не как статистическую величину.

графе рынка вероятность для участника стать потенциальным дефолтером пропорциональна сумме вероятностей для его заемщиков стать источниками шока, и наоборот, вероятность для участника рынка стать потенциальным источником шока пропорциональна вероятности для его кредиторов стать потенциальными дефолтерами. Во взвешенном графе рынка слагаемые в сумме умножаются на соответствующий объем операций. Другими словами, вероятность стать потенциальным дефолтером по Клейнбергу (hub score) характеризует уязвимость банка в случае возникновения случайного шока в системе, а вероятность стать потенциальным источником шока по Клейнбергу (authority score) - способность банка вызвать шок в системе.

*Ранговая центральность (PageRank centrality)* - для денежного рынка данный подход является своеобразным расширением центральности на основе собственного вектора, в котором предполагается, что кроме показателей центральности смежных вершин (т.е. показателей центральности контрагентов) в показателе центральности участника учитывается еще и некоторая константа (одинаковая для всех игроков), обозначающая вероятность случайного возникновения шока в данной вершине вследствие каких-либо неучтенных факторов или внешних причин (например, в случае дефолта банка в результате обесценения рыночного или кредитного портфелей) [2]. Поскольку показатели центральности в системе взаимосвязаны, данная поправка может существенно сказаться на распределении показателей центральности по сравнению с подходом на основе собственного вектора.

*Кластерный коэффициент (clustering coefficient)* вычисляется как плотность окрестности участника в неориентированном бинарном графе рынка и принимает значение от 0 до 1. Участник имеет высокий кластерный коэффициент, если от него зависят много других участников рынка, то есть если существует большое количество игроков, не связанных друг с другом напрямую (через одну связь), а только через исследуемого участника (через две связи) [3-4].

*Активность участника в качестве посредника (betweenness centrality)* вычисляется как сумма по всем парам вершин отношений числа кратчайших путей<sup>6</sup> между соответствующими игроками, проходящих через исследуемую вершину, ко всем кратчайшим путям, соединяющим эти две вершины [5]. Чем больше вершин, соединенных между собой только через исследуемую вершину, тем выше степень посредничества участника, и тем выше его системная значимость в качестве посредника.

*Близость (closeness centrality)* отдельно измеряется для кредитора и заемщика денежного рынка. Участник является центральным кредитором, если он близок к заемщикам денежного рынка [6]. Аналогично, участник является центральным заемщиком, если он близок к кредиторам денежного рынка. Близость кредитора к заемщикам измеряется как сумма длин путей от исследуемого кредитора ко всем заемщикам денежного рынка к сумме всех существующих в графе кратчайших путей. Близость заемщика к кредиторам измеряется как отношение суммы длин путей ко всем кредиторам денежного рынка к сумме всех существующих в графе кратчайших путей. В обоих случаях, если пути не существует, то в качестве значения длины пути используется диаметр графа.

---

<sup>6</sup> Путь в графе – это последовательность вершин, такая, что любые две последовательные вершины соединены ребром, направленным от первой ко второй вершинам. Путь между двумя вершинами называется кратчайшим, если он содержит минимальное число ребер относительно всех других путей, соединяющих эти две вершины.

Литература:

1. Kleinberg, J.M. Authoritative sources in a hyperlinked environment // Journal of the ACM. – 1999. – № 46. – С. 604–632. URL: <http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/auth.pdf>
2. Page L., Brin S., Motwani R., Winograd T. The pagerank citation ranking: Bringing order to the web // Technical Report Stanford InfoLab. – 1999. – №66.
3. Holland P. W., Leinhardt S. Transitivity in structural models of small groups // Comparative Group Studies. – 1971. – С. 107–124.
4. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamic of small-world networks // Nature. – 1998. – Vol. 393. – С. 409-410. URL: <http://www.sjtumath.info/Course/slides/NetSci-2012-7.pdf>
5. Brandes U. A Faster Algorithm for Betweenness Centrality // Journal of Mathematical Sociology. – 2001. – № 25. – С. 163-177. URL: <http://www.inf.uni-konstanz.de/algo/publications/b-fabc-01.pdf>
6. Sabidussi G. The centrality index of a graph // Psychometrika. – 1966. – № 31. – С. 581–603.