



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال نهم / شماره سی و پنجم / پاییز ۱۳۹۹

ارزیابی ریسک سیستمی نظام بانکی از طریق مدلسازی توپولوژی شبکه بازار بین بانکی

طیبه زنگنه

دانشجوی دکتری مدیریت مالی، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
ta.zanganeh@gmail.com

محمدعلی رستگار

استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(نویسنده مسئول)
Ma_rastegar@modares.ac.ir

کاظم چاوشی

استادیار و عضو هیئت علمی گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
K.chavoshi@khu.ac.ir

میرفیض فلاح شمس

دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، گروه مدیریت بازرگانی، تهران، ایران
fallahshams@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۲

چکیده

هدف این مقاله مدلسازی، شناسایی توپولوژی و تحلیل شبکه بازار بین بانکی ایران به منظور ارزیابی ریسک سیستمی با استفاده از سنج‌های آماری است که در تئوری شبکه‌های پیچیده به کار می‌رود. به این منظور از اطلاعات مربوط به تعاملات فی مابین ۳۳ بانک و موسسه اعتباری فعال در بازار بین بانکی ایران از فروردین ماه ۱۳۸۹ الی شهریور ماه ۱۳۹۴ شامل ۶۶ ماتریس ماهانه استفاده شده است. بررسی دو سنج توزیع تجمعی درجه و معیار شباهت نشان می‌دهد که شبکه بازار بین بانکی ایران از نوع شبکه بدون مقیاس بوده و توزیع درجه از توزیع پاور لاور تبعیت می‌کند. ارزیابی معیار شباهت بیان می‌کند که اگرچه شبکه بازار بین بانکی ایران در برخی از ماه‌ها با ضریب شباهت منفی دارای ساختار غیر مشابه است ولیکن با گذشت زمان این خاصیت تضعیف و معیار شباهت بزرگتر و به صفر نزدیک تر شده است. به عبارتی آسیب‌پذیری شبکه بازار بین بانکی ایران نسبت به ریسک سیستمی و سرایت مالی افزایش یافته است و در صورت بروز نکول، بحران در شبکه به صورت دومینویی به کل شبکه تسری پیدا می‌کند. همچنین در صورت بروز مشکل و نکول در شبکه بیشترین آسیب‌پذیری از ریسک سیستمی متوجه بانک‌های تخصصی-دولتی و خصوصی شده بوده و بانک‌های خصوصی با توجه به حجم مبادلات بالا و جریان خالص منفی می‌توانند ریسک سیستمی قابل توجهی را به شبکه بازار بین بانکی منتقل کنند. همچنین شواهدی از بروز واسطه‌گری توسط بانک‌های خصوصی در شبکه مشاهده گردید. **واژه‌های کلیدی:** تئوری شبکه‌های پیچیده، توزیع درجه، معیار شباهت، شبکه‌های بدون مقیاس، سرایت مالی.

۱- مقدمه

امروزه سیاستهای پولی یکی از سریعترین ابزارهای دولتها برای اعمال سیاستهای اقتصادی می باشد. در کشورهایی که بازارهای ثانویه و خرید و فروش اوراق بهادار از پویایی و انسجام کافی برخوردار نباشد، اتکای ابزار غیرمستقیم پولی بیشتر بر بازار بین بانکی خواهد بود. ضرورت و اهمیت بازار مزبور، بانک های مرکزی کشورهای مختلف را به سمت تأسیس و گسترش آن در درون بانک و یا در تشکیلات مجزا با هدایت و رهبری خود سوق داده است؛ زیرا بانک ها و مؤسسات مالی در انجام امور روزمره خود بعضا با کمبود منابع روبه رو می شوند (توکلیان، ۱۳۹۰) بانک ها با ورود به بازار بین بانکی به منظور ایجاد موازنه بین سود آوری و مدیریت ریسک نقدینگی خود، متناسب با شرایط فعالیت های کوتاه مدت، نسبت به تجهیز منابع از طریق این بازار و یا اعطای وام کوتاه مدت به سایر بانک ها اقدام می نمایند.

ولیکن علیرغم اینکه بازار بین بانکی ابزاری برای تخصیص کارای نقدینگی است، می تواند به وسیله سرایت مالی منجر به احتمال بروز ریسک سیستمی شود. ورشکستگی و نکول و ناتوانی یک بانک می تواند به وسیله ارتباطات بین بانکی به دیگر بانک ها نیز سرایت کند (گونزالز آولا^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر فرار بانکی و سرمایه گذاری در دارایی های مشترک، سومین منبع بروز ریسک سیستمی از قفل شدن مبالغ تبادل شده بین بانک ها یا همان بازار بین بانکی نشات می گیرد.

مطالعات تئوریک در این حوزه نشان می دهد که احتمال وقوع سرایت مالی توسط وام های بین بانکی و میزان ریسک سیستمی بستگی به ساختار بازار بین بانکی دارد. بنابراین تحلیل ساختار و توپولوژی شبکه و سنجه های موجود در آن یکی از راههای اندازه گیری ریسک سیستمی نظام بانکی است.

از این رو اندازه گیری ریسک سیستمی و سرایت مالی در بازار بین بانکی و در سیستم های پرداخت در مطالعات بین المللی به طور وسیعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (آ لدارسور و همکاران^۲، ۲۰۱۷. آنجلینی^۳، ۲۰۰۲. باس و همکاران^۴، ۲۰۰۶. لوری و همکاران^۵، ۲۰۰۶. فورفین^۶، ۲۰۰۳. لوری و جعفری^۷، ۲۰۰۳. لوری و همکاران، ۲۰۰۶).

در نتیجه تحقیقات انجام شده اثبات شده است که توپولوژی یک شبکه عملکرد و پایداری آن شبکه را تحت تاثیر قرار می دهد و میزان پایداری و ریسک سیستمی یک شبکه بستگی به ساختار آن شبکه دارد (نیومن، ۲۰۰۴. آلبرت و باربازی، ۲۰۰۲. ارول و ووهر، ۲۰۱۸). مجموعه عملیات مالی در بازار بین بانکی، یک سیستم پیچیده است که به طور طبیعی می تواند توسط شبکه یاگراف توضیح داده شود. مطالعات انجام شده تاکنون دو نوع شبکه در مورد تبادلات بین بانکی را مد نظر قرار داده اند: سیستم های پرداخت و بازار بین بانکی (میراندا و همکاران، ۲۰۱۴). در این مقاله تمرکز بر روی بازار بین بانکی است. جذابیت این بازار در تحقیقات آلن و گاله (۲۰۰۰) و فریاساس (۲۰۰۰) و تقویت شد و آنها از این بحث حمایت کردند که یکی از کانالهای سرایت مالی مبالغ پول مشترک و مبادله شده بین بانک ها در شبکه بین بانکی است. همانطور که آلن و گاله (۲۰۰۰) در مقاله خود مطرح کردند براساس مبالغی که یک بانک از بانک های دیگر قرض کرده است نکول و شکست یکی از

شرکت کنندگان بازار می‌تواند با ایجاد اثر دومینویی منجر به شکست و نکول بانک‌های دیگر شود. این مسئله ارتباط قوی و مهم بین توپولوژی شبکه و پایداری مالی را نشان می‌دهد (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۵).

از ارتباط بانک‌ها در بازار بین بانکی می‌توان یک شبکه طراحی کرد که راس‌های آن بانک‌ها و یال‌ها وام‌های فی مابین می‌باشد. مجموعه وام‌هایی که بین بانک‌ها در بازار بین بانکی مبادله می‌شود دارای ساختاری هستند که به طور طبیعی به وسیله تئوری شبکه قابل تفسیر می‌باشد. که در آن گره‌ها (بانک‌ها) به وسیله یک یال جهت دار (وام یا بدهی) یا بیشتر به یکدیگر متصل می‌شوند. بنابراین مشخصات یکپارچه مجموعه‌ای از روابط و تراکنش‌های بین بانکی می‌تواند توسط ویژگی‌های آماری و توپولوژی شبکه مورد بررسی قرار گیرد. این امر ما را قادر می‌سازد که متدولوژی مناسبی جهت ارزیابی پایداری، خود سازمان دهی و فراوانی تعاملات و روابط مختلف بین بانک‌ها در اختیار داشته باشیم. همچنین ارزیابی توپولوژی شبکه بین بانکی ما را قادر می‌سازد که مقاومت کلی سیستم مالی را در مقابل شوک‌های بیرونی بررسی نماییم. با استفاده از تئوری شبکه و سنج‌های آماری موجود می‌توان ارتباطات داخلی شبکه‌ای در سیستم بانکی از جمله وام‌های بازار بین بانکی شبانه را با به کارگیری سنج‌هایی که از علوم کامپیوتر و فیزیک استخراج شده‌اند، کشف و بررسی کرد و مشخصات و ویژگی‌های ریز ساختاری بین بانکی را یافت (لوری و همکاران، ۲۰۰۷).

در تئوری شبکه‌های پیچیده سنج‌های آماری تعریف شده‌اند که که علائم توپولوژیکی و وزنی را با هم ترکیب می‌کنند و مشخصات آماری گره‌ها و ارتباطات را نشان می‌دهند و ارتباط بین مبالغ موزون و ساختارهای اساسی شبکه را بررسی می‌کنند و به وسیله آن‌ها توپولوژی شبکه مشخص می‌شود. این سنج‌ها هر یک مفهوم خاص خود را داشته و در طول زمان قابلیت مقایسه دارند. در مقاله حاضر به بررسی وضعیت معیار توزیع درجه که جزو سنج‌های تقریباً داخلی و معیار شباهت که جزو سنج‌های کلی شبکه و دو معیار مهم برای شناخت ساختار اولیه شبکه هستند، پرداخته شده است.

علیرغم اهمیت بازار بانکی در مدیریت نقدینگی بانک‌ها و همچنین ابزاری کارآمد جهت اعمال سیاست‌های پولی بانک مرکزی و ضمناً خطر وجود ریسک سرایت و ریسک سیستمی در نتیجه تعاملات بین بانکی، تحقیقات اندک و انگشت شماری در این زمینه در ایران انجام شده است. لذا هدف اصلی این تحقیق شناسایی توپولوژی و ساختار شبکه بازار بین بانکی ایران با استفاده از روش‌های آماری است که در تئوری شبکه‌های پیچیده به کار می‌رود. نوآوری این تحقیق بررسی ساختار بازار بین بانکی ایران با رویکرد طراحی و تحلیل تئوری شبکه پیچیده برای نخستین بار در ایران می‌باشد. لازم به ذکر است تعاملات بین بانکی شامل تبادلات وام‌های یک شبه، سپرده‌های بانک‌ها نزد یکدیگر و بازار Repo و CDs می‌باشد. ولیکن به علت محدودیت اطلاعاتی موجود و عدم دسترسی به اطلاعات تمامی تبادلات و روابط بین بانکی در این تحقیق تمرکز بر مدل‌سازی با استفاده از اطلاعات بازار بین بانکی ریالی است.

در بخش دوم مفاهیم و مرور ادبیات موضوع توضیح داده شده است. در بخش سوم مدل سازی بازار بین بانکی با استفاده از تحلیل شبکه تشریح شده است. در بخش پنجم تحلیل نتایج تحقیق ارائه شده است و در آخر نیز نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی آورده شده است.

۲- مروری بر پیشینه تحقیق

یکی از بیم‌آورترین رخدادها در بانکداری، وقوع ریسک سیستمی است. بحران‌های بانکی دهه‌های پیش و در رأس آن‌ها بحران مالی ۲۰۰۷-۲۰۱۲ سبب شد تا بحث ریسک سیستمی در بازارهای مالی مورد توجه سیاست‌گذاران کلان اقتصادی قرار گیرد. ریسک سیستمی به رفتار دومینویی تحولات منفی در گستره اقتصاد ملی یا در مفهوم وسیع‌تر، اقتصاد جهانی اشاره دارد. ریسک سیستمی به خطر یک رویداد در سطح شرکت اطلاق می‌شود که می‌تواند به اقتصاد، سرایت و آن را متزلزل کند. بانک تسویه بین‌المللی (BIS) ریسک سیستمی را اینگونه تعریف می‌کند: خطر اینکه شکست یک مشارکت‌کننده در عمل به تعهدات خود، در قالب واکنشی زنجیره‌وار به نکول سایر مشارکت‌کنندگان منجر شود و مشکلات وسیع مالی پدید آورد (کمیت‌ها، ۱۹۹۴). به طور کلی استقلال بانک‌ها از یکدیگر در سیستم بانکی به دلایلی از بین می‌رود. اولاً، بانکها به علت مبادلات نقدینگی در بازار بین بانکی و قرض دادن وجوه مازاد به بانک‌هایی با کمبود نقدینگی، به یکدیگر مرتبط می‌شوند. همچنین به صورت غیر مستقیم آنها دارایی‌های مشابه و سپرده‌گذاران مشترک دارند و این امر مجدداً آنها را به هم متصل می‌کند. در ادبیات ریسک سیستمی سه منبع اصلی برای شکست سیستمی مورد توجه قرار گرفته است.

- ۱) مورد اول، فرار بانکی^۸ است که زمانی رخ می‌دهد که سپرده‌گذاران و سرمایه‌گذاران برای برداشت سپرده‌های خود هجوم آورده و این امر منجر به فروپاشی سیستم بانکی می‌شود.
- ۲) حالتی است که بانک‌ها در دارایی‌های مشترک سرمایه‌گذاری می‌کنند. نکول به نسبت بزرگی در یک بانک می‌تواند منجر به افت قیمت آن دارایی شده و در توانگری مالی سایر بانک‌هایی که آن دارایی را نگه‌داری می‌کنند تاثیر نا مطلوب بگذارد.
- ۳) سومین منبع بروز ریسک سیستمی از قفل شدن مبالغ تبادل شده بین بانک‌ها یا همان بازار بین بانکی نشات می‌گیرد.

وام دهی در بازار بین بانکی بسیار کوتاه مدت و معمولاً یک شبه است و به بانک‌ها کمک می‌کند که در مقابله با کمبود نقدینگی خود و عمل به تعهدات و الزامات ذخایر خود توسط وام گرفتن از بانکی دارای مازاد نقدینگی کمک بگیرند. بنابراین این بازار یک ساختار امنیتی و بیمه مشترک برای بانک‌ها به وجود می‌آورد. اما از طرفی دیگر با ایجاد وجوه قفل شده بین بانکی، پتانسیل ایجاد اثر سرایت (knock-on) در صورت نکول وام گیرنده به ترازنامه و ذخایر بانک وام‌دهنده، ایجاد می‌شود. بنابراین توازنی بین بیمه مشترک و ریسک سیستمی بر روی پایداری کلی سیستم بازار بین بانکی وجود دارد (Iori et al., 2006). در ادامه به بررسی تحقیقاتی می‌پردازیم که با تمرکز بر منشا سوم و با رویکرد تئوری شبکه‌های پیچیده و بررسی توپولوژی شبکه به ارزیابی ریسک سیستمیک پرداخته‌اند.

بعد از تحقیقات نوآورانه بر روی شبکه‌های جهانی کوچک به وسیله وات و استروگانز^۹ و شبکه‌های بدون مقیاس به وسیله باراباسی و آلبرت^{۱۰}، مطالعه بر روی شبکه‌های پیچیده مورد توجه روزافزون محققان قرار گرفت و تئوری شبکه‌های پیچیده به عنوان یک روش عمومی برای مطالعه مشخصات مشترک سیستم‌های

پیچیده در دنیای واقعی مورد استفاده قرار گرفت و در فیزیک آماری، علوم اجتماعی، علوم زیست‌شناسی و سایر رشته‌ها رخنه کرد. کاربرد شبکه‌های پیچیده در سیستم‌های اقتصادی توانست در شناسایی روابط بین بنگاه‌های اقتصادی و بانکی مفید واقع شود.

بنابراین تحقیقات بسیاری به بررسی ریسک سرایت و ریسک سیستمی در سیستم بانکی از طریق استفاده از تئوری شبکه‌های پیچیده و مطالعه ساختار شبکه پرداختند. در این راستا ساختارهای توپولوژیک مختلفی با استفاده از تحلیل شبکه برای سیستم بانکی پیشنهاد گردید. به طور مثال ساختارهای بین بانکی کامل و نا کامل (ناقص) (آلن و گاله، ۲۰۰۰)، ساختار مرکز پول (ولز، ۲۰۰۲)، شبکه تصادفی (لوری و همکاران، ۲۰۰۶، لوری و جعفری، ۲۰۰۳)، شبکه تصادفی نمایی (انگل و همکاران، ۲۰۱۹). به علاوه تحقیقاتی نیز به این نتیجه رسیدند که پایداری سیستم بانکی به ساختار شبکه آن بستگی دارد (باس و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین شناسایی ساختار شبکه سیستم واقعی بانکی بسیار مهم است. اما ساختار سیستم بین بانکی در دنیای واقعی کاملاً با آن چیزی که محققان فوق به صورت تئوریک نشان دادند مطابقت ندارد. بنابراین شناسایی ساختار توپولوژی شبکه بین بانکی در دنیای واقعی در تحقیقات بسیاری مورد توجه قرار گرفت. به طور مثال در کشورهایی مانند ژاپن، برزیل، انگلیس، آلمان، استرالیا، آمریکا، مجارستان و ایتالیا سیستم و شبکه واقعی بین بانکی مورد بررسی محققان قرار گرفته است (شاوولی و همکاران، ۲۰۱۰). در ادامه به ارائه نتایج تحقیقات در کشورهای مختلف می‌پردازیم.

سوما^{۱۱} و همکارانش در سال ۲۰۰۳ با استفاده از داده‌های تجربی نشان دادند که شبکه تجاری ژاپن دارای خاصیت بدون مقیاس است و توزیع درجه از توزیع پاورلا درجه دو تبعیت می‌کند. باس و همکارانش (۲۰۰۴) با تحقیقی که در بازار بین بانکی کشور استرالیا انجام دادند، نشان دادند که شبکه بین بانکی استرالیا دارای توزیع پاورلا درجه دو و دارای خاصیت کوچک جهانی می‌باشد. همچنین نشان دادند شبکه بین بانکی استرالیا دارای ساختار جامعه‌ای و چند درجه‌ای^{۱۲}، ضریب خوشه‌بندی و میانگین طول کوتاهترین مسیر پایین می‌باشد. خاصیت چند درجه‌ای، به طور مشابه در بسیاری سیستم‌های بانکی دیگر از جمله اتحادیه انگلیس و آلمان نشان داده شد (ولز، ۲۰۰۲، کراج و پیتر^{۱۳}، ۲۰۱۴).

لابلوی^{۱۴} (۲۰۰۶) با بررسی توپولوژی سیستم پرداخت مبالغ بزرگ در مجارستان، هفت شاخص مرکزیت را از جنبه‌های مختلف برای بررسی ساختار شبکه پرداخت مجارستان تعریف کرد و نشان داد که ساختار شبکه پرداخت در ماه جون ۲۰۰۵ دائمی و ثابت شد. همچنین نشان داد که در این ساختار چند مرکز نقدینگی وجود دارد.

سوراماکی^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۷) توپولوژی شبکه پرداخت‌های بین بانکی را در آمریکا مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شبکه دارای میانگین کوتاهترین مسیر کوتاه و اتصال کم می‌باشد و توزیع درجه نشان دهنده این بود که شبکه دارای خاصیت بدون مقیاس است. آنها به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های ساختاری شبکه بلافاصله بعد از ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱ به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کرده بود.

ساختار شبکه بین بانکی کشور ایتالیا توسط لوری در سالهای ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ بررسی شد. نتایج تحقیقات نشان داد که شبکه تصادفی است و در طول زمان تغییر می‌کند. همچنین شبکه دارای دو جامعه می‌باشد یکی

از جوامع شامل بانک‌های بزرگ و خارجی و جامعه دیگر شامل بانک‌های کوچک می‌باشد. این نشان دهنده این است که شبکه دارای ساختار جامعه‌ای است. شبکه به شدت ناهمگون است و بانک‌های بزرگ و جوجه خود را از بانک‌های کوچک قرض می‌گیرند. آنها در تحقیق خود در سال ۲۰۰۷، الگوهای واضحی در تغییر ساختار شبکه در طی سالهای مختلف را یافتند و نشان دادند که ساختار شبکه دارای توزیع درجه بدون مقیاس نیست لیکن از توزیع درجه شبکه تصادفی نیز بزرگتر است که نشان دهنده این امر است که تعداد کمی از بانک‌ها با تعداد زیادی از بانک‌ها تعامل دارند و اکثریت بانک‌ها با اقلیتی از بانک‌ها خاص تعامل دارند. در واقع سیستم دارای گروه کوچکی از بانک‌های بزرگ است که از تعداد زیادی از بانک‌های کوچک قرض دهنده، وام می‌گیرند که این ساختار با این ویژگی مشکوک به بروز ریسک سیستمی می‌باشد. همچنین به این نتیجه رسیدند که وام‌دهی ترجیحی محدود است و جریان پول مستقیماً از وام‌دهنده به وام‌گیرنده بدون واسطه منتقل می‌شود. ظاهراً بانک‌ها قادر به کسب سود کوتاه مدت از طریق قرض‌گیری از بانکی و قرض دادن آن پول به بانک دیگر در یک روز نمی‌باشند. این امر نشان دهنده کارایی بازار بین بانکی است.

بررسی‌های انجام شده بر روی شبکه بین بانکی کشور برزیل نشان داد که ساختار بازار بین بانکی این کشور دارای ساختار جامعه‌(مشترک) ضعیف و ناهمگونی بالا می‌باشد (تاباک و کاجرو، ۲۰۰۸، تاباک و همکاران، ۲۰۰۹). تاباک و همکارانش در سال ۲۰۰۹ شبکه بین بانکی برزیل را توسط روش حداقل درخت دربرگیرنده طراحی کردند و به این نتیجه رسیدند که بانک‌های خصوصی و خارجی تمایل به ایجاد خوشه در درون شبکه دارند و همچنین بانک‌ها با اندازه‌های مختلف به شدت با یکدیگر مرتبط بوده و تمایل به ایجاد خوشه دارند.

کراج و پیتر (۲۰۱۴) یک مدل پیرامون-هسته‌ای را توسعه دادند و نشانه‌هایی از ساختار چند درجه‌ای در سیستم بانکی آلمان مشاهده کردند. پلتون و همکارانش (۲۰۱۴) یک شبکه برای معاملات گواهی سپرده که دارای ساختار "جهان کوچک" و توزیع درجه بدون مقیاس است را پیشنهاد دادند. اخیراً، محققان تلاش کرده‌اند که روشها و مدل‌های شبیه‌سازی را برای کشف و ایجاد مکانیزم ایجاد ساختار شبکه بازار بین بانکی به کار ببرند.

براساس تحقیقات فوق سیستم بانکی یک شبکه پیچیده است. اخیراً، محققان تلاش کرده‌اند که روشها و مدل‌های شبیه‌سازی را برای کشف و ایجاد مکانیزم ایجاد ساختار شبکه بازار بین بانکی به کار ببرند. وان و همکاران (۲۰۰۶) یک مدل شبکه رشدی را برای توضیح پدیده توزیع two-power law در شبکه بین بانکی ارائه دادند.

لونتیدس^{۱۶} و همکارانش (۲۰۱۸) به شبیه‌سازی سرایت مالی و آسیب‌پذیری شبکه بانکی با استفاده از تئوری شبکه‌های پیچیده پرداختند. آنها با استفاده از روش مونت کارلو سرایت بین بانکی را در قبال تغییرات عواملی از قبیل توپولوژی شبکه، اهرم، وابستگی داخلی، همگون بودن و ناهمگون بودن بانک‌ها از نظر اندازه شبیه‌سازی کردند.

رابطه بین ساختار شبکه با پایداری و مقاومت در مقابل سرایت مالی در تحقیقات لی و هی^{۱۷} (۲۰۱۲)، لی^{۱۸} (۲۰۱۳) و جورج^{۱۹} (۲۰۱۳) مطالعه شده است.

دی گانچی^{۲۰} و همکارانش (۲۰۱۸) نشان دادند که چگونه مقاومت یک شبکه مالی در مقابل شوک های بیرونی به ساختار های توپولوژیکی شبکه بستگی دارد. همچنین نشان دادند ریسک سیستمی شبکه نسبت به مشخصات شبکه بسیار حساس است.

آسمقو^{۲۱} و همکاران (۲۰۱۵) رابطه ی بین ساختار شبکه مالی و احتمال نکول سیستمی ناشی از سرایت ریسک طرف مقابل را بررسی کردند و نشان دادند که سرایت در بازار بین بانکی منجر به ریسک سیستمی می شود. اگر شوک هایی که برای موسسات مالی اتفاق می افتد کوچک باشد، تراکم و ارتباطات قوی در شبکه مالی منجر به تقویت ثبات مالی می شود اما چنانچه شوک ها از مقدار مشخصی بزرگتر باشند ارتباطات داخلی قوی تر منجر به انتشار شوک و در نتیجه شکنندگی سیستم مالی می شوند. بنابراین مطالعه ساختار بازار بین بانکی و تغییرات آن یک موضوع مهم در این حوزه به شمار می رود.

نیر^{۲۲} و همکارانش (۲۰۰۷) با تغییر پارامترهای تعیین کننده ساختار شبکه مالی از قبیل سطح سرمایه گذاری، درجه ارتباط بانک ها با هم، اندازه وام های بین بانکی و درجه تمرکز سیستم، رابطه بین ساختار سیستم مالی و ریسک سیستمی را بررسی کردند. آنها نشان دادند که تاثیر درجه ارتباط بانک ها یکنواخت نیست، به این معنی که در ابتدا افزایش کوچک در ارتباطات اثر سرایت را افزایش می دهد اما بعد از یک حد آستانه مشخص، ارتباطات توانایی سیستم بانکی را برای جذب شوک ها تقویت می کند.

چندین تحقیق دیگر نشان دادند که چگونه سنجه های مختلف شبکه می تواند در ارزیابی ریسک سیستمی به کار رود. تاباک و همکارانش (۲۰۱۴) نشان داد که ضریب خوشه بندی جهت دار در شبکه های پیچیده می تواند به عنوان معیار اندازه گیری ریسک سیستمی استفاده شود. پاپا دیمیتریو^{۲۳} و همکارانش (۲۰۱۳) بانک های مرکزی یا اصلی را با بزرگترین درجه شناسایی کردند و بین بانک های بزرگ (از نظر اندازه) و مرکزی تمایز قائل شدند و نشان دادند بانک های مرکزی در شبکه مرکزیت دارند و برای نظارت و پایداری شبکه بسیار حیاتی هستند.

کارایوز^{۲۴} و همکارانش (۲۰۱۹) نشان دادند که معیار شباهت بالای شبکه دارای همبستگی مثبت با ریسک سیستمی شبکه است. آنها با استفاده از ساختار الگوریتم رتبه بندی بدهی^{۲۵} یک روش دقیق برای ارزیابی ریسک سیستمی ارائه دادند که تنها از مشخصه های نود های (بانک ها) شبکه مانند کل میزان وام دهی یا وام گیری به عنوان ورودی استفاده می کند. همچنین با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو و داده های تجربی ساختار های شبکه را طراحی کردند. نتایج نشان داد که ساختار شبکه هایی با ریسک سیستمی بالا مشابه^{۲۶} است. به این معنی که بانک های پر ریسک معمولاً در ارتباط با بانک های پر ریسک دیگر هستند. در مقابل شبکه هایی با ریسک سیستمی پایین دارای ساختار غیر مشابه^{۲۷} هستند و بانک های پر ریسک با بانک های پایدار ارتباط دارند.

۱-۲- پیشینه تحقیقات انجام شده در داخل کشور

رستگار و کریمی (۱۳۹۵) به تخمین ریسک سیستمی در بخش بانکی بازار بورس اوراق بهادار تهران با سنجه دلتا در معرض خطر شرطی به کمک مدل همبستگی شرطی پویا پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که ریسک سیستمی بازار در دوره مورد بررسی وابستگی بالایی بابخش بانکی دارد. با معیار سنجه یاد شده، بانک‌های مورد مطالعه رتبه بندی شده و نشان داده شد که بین سنجه با نسبت اهرمی، سرمایه و ارزش در معرض خطر رابطه مثبت معناداری دارد.

آذری قره لر و رستگار (۱۳۹۴) ریسک سیستمی شرکت بر شرکت را در بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از سنجه دلتا در معرض خطر شرطی (CoVaR)، زیان مورد انتظار حاشیه ای (MES)، زیان مورد انتظار جز (CES)، زیان مورد انتظار سیستمی (SES) و وابستگی دنباله پایین (LTD) بررسی کردند.

ولیکن علیرغم اهمیت بازار بانکی در مدیریت نقدینگی بانک‌ها و همچنین ابزاری کارآمد جهت اعمال سیاست‌های پولی بانک مرکزی و ضمناً خطر وجود ریسک سرایت و ریسک سیستمی در نتیجه تعاملات بین بانکی، تحقیقات اندک و انگشت شماری در این زمینه در ایران انجام شده است.

شمسی نژاد (۱۳۹۵) در رساله خود تحت عنوان "طراحی بازار بین بانکی مبتنی بر فقه امامیه در نظام پولی و مالی ایران" از طریق آسیب شناسی صورت گرفته بر بازار فعلی بین بانکی و نیز مطالعه ساختار این بازار در کشورهای غربی و اسلامی از یک سو و نیز پژوهش‌های مناسب در حوزه‌های مالی اسلامی، اقدام به طراحی ساختار فقه امامیه نموده است.

توکلی (۱۳۹۵) در رساله خود به برآورد اثر نرخ بهره بین بانکی بر عملکرد سودآوری بانکهای ایران پرداخته است. مدل‌های برآوردی نتوانستند رفتار نرخ سود در ایران را توضیح دهند و تأیید کننده فرضیه‌های تحقیق نیستند.

شاهچرا و طاهری (۱۳۹۷) به بررسی رابطه بین نرخ بازار بین بانکی و الزامات نقدینگی پرداختند و نشان دادند که نسبت پوشش نقدینگی رابطه مثبت و معناداری با نرخ بازار بین بانکی دارد.

همانطور که مشاهده شد در تحقیقات انجام شده داخلی، هیچ‌گونه تحقیق جامعی در خصوص بازار بین بانکی ریالی به خصوص شناسایی ساختار شبکه بازار بین بانکی و پایداری و کارایی آن با رویکرد تحلیل شبکه انجام نشده است. خلاءهای تحقیقاتی موجود انگیزه مطالعه و تمرکز بر این موضوع را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

۳- مدل سازی بازار بین بانکی با استفاده از تحلیل شبکه

تئوری شبکه‌های پیچیده مرز مشترک بین تئوری گراف و مکانیزم‌های آماری است که باعث میشود این حوزه دارای ماهیت چند رشته‌ای^{۲۸} شود (کوستا و همکاران^{۲۹}، ۲۰۰۵). همانطور که توسط نیومن در سال ۲۰۱۰ بیان شد، یکی از مزایای برجسته استفاده از تئوری مبتنی بر شبکه این است که ما را قادر می‌سازد مشخصات ساختاری و توپولوژیکی روابط بین داده‌ها را بیابیم.

تئوری شبکه پیچیده^{۳۰} یک ابزار مهم برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده است و توپولوژیهای متداول آن از قبیل گراف تصادفی اردوس-رنی^{۳۱}، شبکه جهانی کوچک^{۳۲} شبکه بدون مقیاس^{۳۳} و غیره می‌باشند. بازار بین بانکی دارای درجه بالایی از پیچیدگی و جزئیات است و دارای ساختارهای شبکه‌ای متنوعی از قبیل ساختار مرکز پول^{۳۴}، بازار کامل^{۳۵}، بازار ناقص^{۳۶} می‌باشد.

در بازار بین بانکی گراف جهت دار $G = (V, E)$ را تعریف می‌کنیم که در آن V مجموعه بانک‌ها را نشان می‌دهد و E نشان دهنده مجموعه روابط اعتباری بین بانک‌هاست. یک لبه یا بردار جهت دار ei, z بین دو نود $i, z \in V$ وجود دارد اگر و فقط اگر بانک i به بانک z وام داده باشد. فرض می‌کنیم تعداد کل بانک‌ها $|V| = N$ باشد، در آن صورت N_i نشان دهنده مجموعه از بانک‌هایی است که با بانک i همسایه هستند و $X = (x_{ij})_{N \times N}$ ماتریس مقیاس اعتباری بانک‌ها را نشان می‌دهد. که در x_{ij} آن نشان دهنده اعتبار و وامی است که از بانک i به بانک z داده شده است. L_i نشان دهنده مقیاس یا توان اعتباری بانک i است به طوریکه (زو^{۳۷} و همکاران، ۲۰۱۶):

$$L = \sum_{1 \leq i \leq N} L_i, L_i = \sum_{j: j \neq i} x_{ij} \quad (1)$$

$$L = \sum_{1 \leq i \leq N} L_i, L_i = \sum_{j: j \neq i} x_{ij}$$

با استفاده از اطلاعات وام‌های مبادله شده بین بانک‌ها که می‌تواند روزانه یا ماهانه باشد، برای هر روز یا هر ماه سه ماتریس قابل محاسبه است: ماتریس مجاورت^{۳۸} A ، ماتریس ارتباطات^{۳۹} C و ماتریس ارتباطات موزون^{۴۰} W درایه aij در ماتریس A برابر با 0 خواهد بود اگر در روز یا ماه مورد نظر هیچ تراکنشی بین بانک i و z وجود نداشته باشد. اگر حداقل یک تراکنش وجود داشته باشد برابر با 1 خواهد شد. درایه Cij در ماتریس C نشان دهنده تعداد تراکنش‌های بین بانک i و z در یک روز یا یک ماه می‌باشد. درایه Wij در ماتریس W نشان دهنده کل مبلغ وام مبادله شده بین بانک i و z در یک روز یا یکماه را نشان می‌دهد. تعداد لینک‌های فعال

$$در شبکه به صورت $N_i = \frac{1}{2} \sum_{ij} a_{ij}$ ، تعداد تراکنش‌ها $N_t = \frac{1}{2} \sum_{ij} c_{ij}$ و کل حجم مبادلات $V = \frac{1}{2} \sum_{ij} w_{ij}$$$

خواهد بود. تعداد بانک‌های فعال با اندیس N_b نشان داده می‌شود. سه ماتریس فوق به صورت گراف‌های بدون جهت تعریف می‌شوند به طوری که لینک‌ها دو طرفه هستند و $a_{ij} = a_{ji}$ ، $c_{ij} = c_{ji}$ و $w_{ij} = w_{ji}$. دسترسی به پایگاه داده کامل ما را قادر می‌سازد که ماتریس‌های متناسب با گراف‌های جهت‌دار را نیز محاسبه کنیم. می‌توان ارتباطات جهت‌دار را با دنبال کردن جهت جریان پول بین بانک‌ها ایجاد کرد به طوریکه ارتباط (بردار) از فروشنده^{۴۱} (قرض دهنده) خارج می‌شود^{۴۲} و به خریدار^{۴۳} وارد^{۴۴} می‌شود. گراف جهت‌دار برای محاسبه ریسک سرایت و نکول سیستمیک در سیستم مفیدتر از گراف بدون جهت است. بنابراین شش ماتریس دیگر می‌توان ایجاد کرد.

یک روز یا یک ماه خاص بین بانک i و j وجود دارد به طوری که بانک i قرض گیرنده (قرض دهنده) ۴۵ است. درایه (i, j) ماتریس ارتباطات نشان دهنده تعداد تراکنش‌ها در یک روز یا یک ماه خاص بین بانک i و j می‌باشد به طوری که بانک i قرض گیرنده (قرض دهنده) است. درایه (i, j) ماتریس ارتباطات موزون نشان دهنده مبلغ کل اعتبار (وام) در یک روز یا یک ماه خاص بین بانک i و j می‌باشد به طوری که بانک i قرض گیرنده (قرض دهنده) است. واضح است که $w_{ij}^b = w_{ji}^l$. جریان بین دو بانک به صورت $f_{ij} = w_{ij}^l - w_{ij}^b$ تعریف می‌شود. اگر بانک در کل قرض دهنده (lender) باشد جریان مثبت خواهد بود (لوری و همکاران، ۲۰۰۷). برخلاف اینکه در تئوری گراف نمی‌توان به راحتی گراف‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد که یکی از مشکلات تئوری گراف به شمار می‌رود، در تئوری شبکه‌های پیچیده سنجه‌های آماری تعریف شده‌اند که که علائم توپولوژیکی و وزنی را با هم ترکیب می‌کنند و مشخصات آماری نودها و ارتباطات را نشان می‌دهند و ارتباط بین مبالغ موزون و ساختارهای اساسی شبکه را بررسی می‌کنند و به وسیله آن‌ها توپولوژی شبکه مشخص می‌شود. این سنجه‌ها در طول زمان قابلیت مقایسه دارند و می‌توان آن‌ها را مورد بررسی و مقایسه قرار داد و بنابراین تغییر ساختار شبکه را بررسی کرد. در این مقاله دو شاخص مهم توزیع درجه و شباهت شبکه بازار بین بانکی ایران را بررسی می‌کنیم.

۳-۱- معیار درجه

درجه^{۴۶} هر نود در شبکه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$k_i = \sum_{j \in v(i)} a_{ij} \quad (2)$$

که نشان دهنده جمع مجموعه $v(i)$ از همسایگان i است. به طوری که $v(i) = \{j : a_{ij} = 1\}$. درجه ورودی k_i^b (in-degree) و درجه خروجی k_i^l (out-degree) نود (بانک) i به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$k_i^b = \sum_{j \in v(i)} a_{ij}^b \quad k_i^l = \sum_{j \in v(i)} a_{ij}^l \quad (3)$$

در موضوع مورد بررسی این تحقیق، درجه معیاری برای اندازه‌گیری تعداد بانک‌هایی است که با یکدیگر تبادل وجوه دارند (یا در یک شبکه جهت دار به یکدیگر قرض می‌دهند یا قرض می‌گیرند). درجه در شبکه‌های تصادفی (که در آن‌ها تعداد N نود (بانک) به طور تصادفی و با احتمال f با یکدیگر در ارتباط هستند) دارای توزیع پواسون است.

$$p(k) = \frac{e^{-\bar{k}} \bar{k}^{-k}}{k!} \quad (4)$$

به طوریکه متوسط درجه است. شبکه‌ها در دنیای واقعی به ندرت به طور خالص تصادفی هستند و متداولترین توزیع یافت شده برای درجه یا نمایی است $p(k) = e^{-k}$ یا پاور لا $p(k) = k^{-\gamma}$. شبکه با توزیع درجه پاور لا شبکه بدون مقیاس^{۴۷} نامیده می‌شود.

۳-۲- معیار وابستگی^{۴۸} یا شباهت^{۴۹}

این معیار شباهت بین نودها را اندازه‌گیری می‌کند و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$k_{m,i} = \frac{1}{k_i} \sum_{j \in V(i)} k_j \quad (5)$$

اگر $k_m(k) = \{k_{m,i} | k_i = k\}$ با k افزایش یابد آنگاه نودهایی با درجه بالا، تمایل به برقراری ارتباط با سایر نودهایی که دارای درجه ارتباط بالا هستند، دارند. این ویژگی ترکیب وابسته (مشابه)^{۵۰} نامیده می‌شود. زمانی که $k_m(k)$ با k کاهش یابد، حالت ترکیب غیر وابسته (غیر مشابه)^{۵۱} خواهیم داشت و نودهای با درجه بالا دارای تعداد زیادی همسایه با درجه پایین خواهند بود. در حالیکه نودهای مقابل با نودهایی با درجه پایین نگر داشته میشوند.

در مسئله بازار بین بانکی، ترکیب مشابه نشان می‌دهد که بانک‌هایی که تعداد زیادی طرف معامله دارند تمایل به ایجاد ارتباط با بانک‌هایی دارند که آنها نیز با بانک‌های زیادی معامله و ارتباط داشته باشند.

۴- تحلیل نتایج

۴-۱- داده‌های تحقیق

این تحقیق از نظر نتایج تحقیق از نوع کاربردی و از حیث جمع‌آوری داده‌ها از نوع اسنادی یا کتابخانه‌ای می‌باشد. آمار مورد نیاز از داده‌های مرکز آمار بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و پژوهشکده پولی و بانکی بانک مرکزی ج.ا. جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شده است. روش تحقیق به صورت مطالعه ساختار شبکه و محاسبه معیارهای تئوری شبکه که در بخش ۳ بیان شد و مقایسه با نتایج تحقیقات بین‌المللی می‌باشد.

پایگاه داده مورد استفاده مربوط به تعاملات فی مابین بانک‌ها در بازار بین بانکی ایران به صورت ماهانه از سال ۱۳۸۹-۱۳۹۴ می‌باشد. پایگاه داده مورد استفاده تحقیق مربوط به تعاملات فی مابین ۳۳ بانک و موسسه اعتباری فعال در بازار بین بانکی ایران از فروردین ماه ۱۳۸۹ الی شهریور ماه ۱۳۹۴ به صورت ماهانه است که شامل ۶۶ ماتریس ماهانه می‌باشد. اطلاعات شامل مبلغ تجمعی وام‌های فی مابین در یک ماه و نرخ میانگین

موزون ماهانه بین هرجفت از بانک‌ها است. جهت انجام تجزیه و تحلیل‌ها و محاسبات شبکه‌ای از نرم افزار MATLAB 2017 و Excel استفاده شده است. ۳۳ بانک مورد بررسی در چهار دسته تفکیک و به شرح جدول ۱ می‌باشند.

جدول ۱- بانک‌ها و موسسات اعتباری مورد بررسی

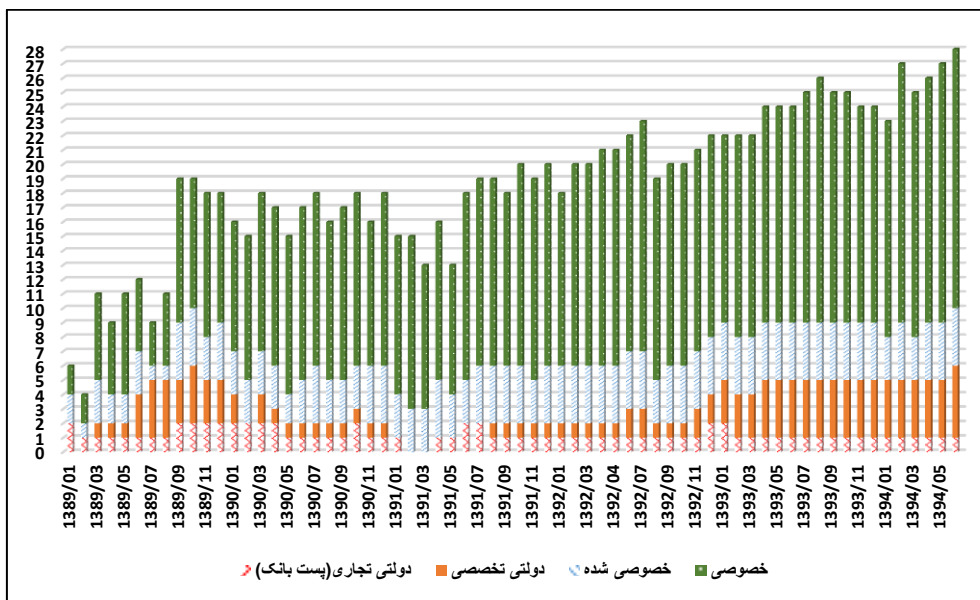
دولتی تجاری	دولتی تخصصی	خصوصی شده	خصوصی
ملی	مسکن	ملت	کارآفرین
سپه	کشاورزی	صادرات	سامان
پست بانک	صنعت و معدن	رفاه	اقتصاد نوین
	توسعه صادرات	تجارت	پارسیان
	قرض الحسنه مهر		پاسارگاد
	توسعه تعاون		سرمایه
			رسالت
			خاورمیانه
			سینا
			آینده
			قوامین
			ایران و ونزولا
			دی
			انصار
			موسسه کوثر

برای هر ماه از جامعه آماری شبکه وام‌هایی که بین بانک‌ها مبادله می‌شود ساخته و پارامترهای مربوطه محاسبه شده است. همچنین تفاوت عملکرد بانک‌ها با اندازه‌های مختلف و در چهار گروه (دولتی، تخصصی، خصوصی شده و خصوصی) مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۴- تحلیل توصیفی داده‌ها

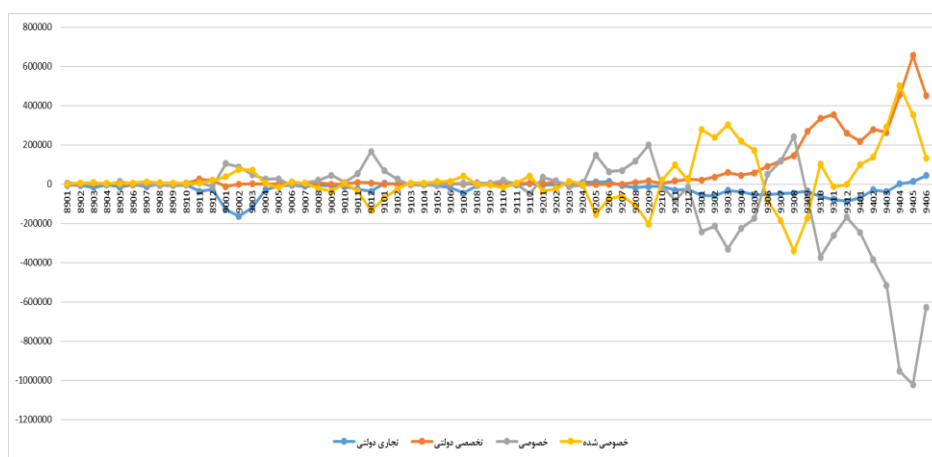
بازار بین بانکی ریالی ایران در تیر ماه سال ۱۳۸۷ با تعداد ۱۰ عضو و حجم عملیات بازار، یعنی مجموع سپرده گذاری و سپرده پذیری، معادل ۸۵۰۰ میلیارد ریال کار خود را آغاز کرد. این رقم در سال‌های بعد و با افزایش تعداد اعضا به ۳۳ عضو، روند فزاینده‌ای داشته است. در شکل ۱ تعداد بانک‌های فعال به تفکیک هر ماه و نوع بانک نشان داده شده است.

همانطور که پیداست در ۶۶ ماه مورد بررسی، بیشترین شرکت کنندگان بازار مربوط به بانک‌های خصوصی بوده است. کمترین تعداد شرکت کنندگان مربوط به بانک‌های دولتی تجاری بوده است که همواره یک و در بعضی ماه‌ها ۲ بانک بوده است. این امر نشان می‌دهد که بانک‌های دولتی در طی سال‌های مورد بررسی تمایلی به مشارکت در بازار بین بانکی نشان نداده‌اند. که می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که نیاز به نقدینگی احساس نکرده و نیز ترجیح به خرج کردن منابع خود در بازاری خارج از بازار بین بانکی داشته‌اند. بانک‌های خصوصی بیشترین حجم معاملات و بانک‌های تجاری دولتی کمترین حجم معاملات را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۱- تعداد بانک های فعال در شبکه بین بانکی

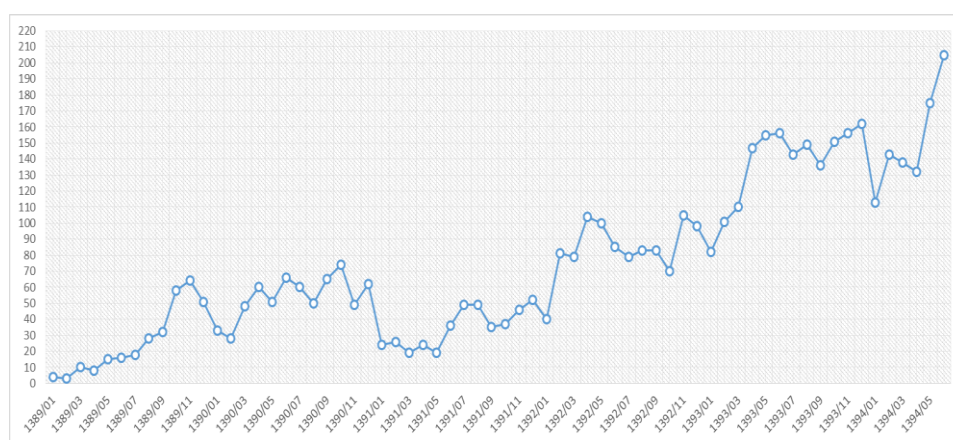
همانطور که در بخش ۳ ذکر شد جریان برای یک بانک به صورت $f_{ij} = W_{ij}^l - W_{ij}^b$ تعریف می‌شود. اگر بانک در کل سپرده گذار (سپرده پذیر) باشد جریان مثبت (منفی) خواهد بود.



شکل ۲- جریان خالص به تفکیک نوع بانک

همانطور که از شکل ۲ پیداست بانک‌های خصوصی در سالهای ۹۲ به بعد دارای جریان منفی (سپرده پذیر)، بانک‌های تخصصی دولتی دارای جریان صفر یا مثبت (سپرده گذار)، بانک‌های دولتی تجاری دارای جریان منفی یا صفر و بانک‌های خصوصی شده غیرمغز نوسان در دوره مورد بررسی عموماً دارای جریان مثبت (سپرده گذار) بوده‌اند. این نتایج به طور کلی نشان می‌دهد که بانک‌های خصوصی شده و دولتی از نظر نقدینگی در وضعیت مطلوب بوده و بانک‌های خصوصی در کل با کمبود نقدینگی مواجه بوده‌اند و برای جبران کمبود نقدینگی به استقراض از بازار بین بانکی رو آورده‌اند. همچنین با توجه به نمودار جریان بانک‌های خصوصی و خصوصی شده می‌توان همسبستگی منفی بین دو نمودار در دو جهت مخالف را مشاهده کرد که نشان دهنده این است بیشتر معاملات بین این دو گروه از بانک‌ها شکل گرفته و نقدینگی بین این دو گروه از بانک‌ها جابه‌جا می‌شود.

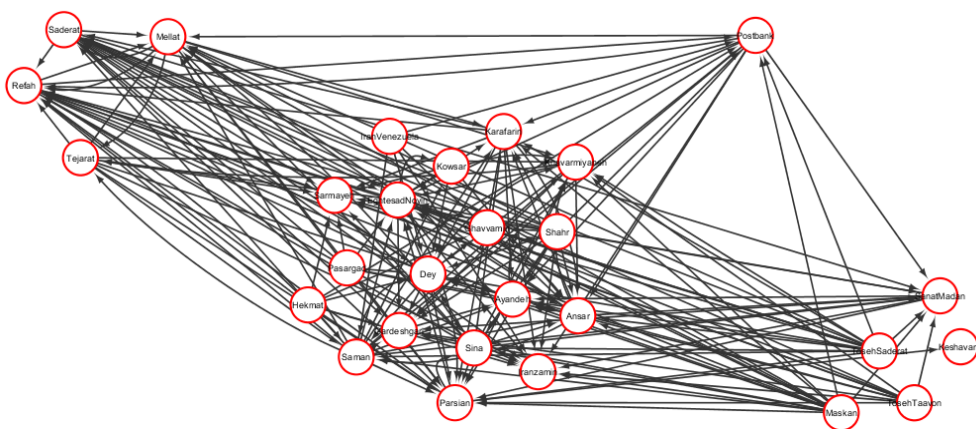
شکل ۳ تعداد روابط فعال به تفکیک ماه‌های مختلف را در کل شبکه نشان می‌دهد. حداقل لینک فعال در طی دوره بررسی ۳ و حداکثر ۲۰۵ بوده است. همچنان نتایج نشان می‌دهد در هر سال تعداد معاملات و روابط فی مابین بانک‌ها به تدریج از ماه‌های میانی سال تا ماه‌های پایانی سال افزایش و سپس در فرودین ماه سال بعد کاهش می‌یابد. این امر نشان دهنده این است که بانک‌ها در نیم سال دوم و در ماه‌های پایانی سال نیاز به نقدینگی بیشتر داشته و فعالیت خود را در بازار بین بانکی افزایش می‌دهند.



شکل ۳- تعداد لینک‌های فعال در هر ماه

بیشترین تعداد معاملات توسط بانک‌های خصوصی با یکدیگر یا با سایر گروه‌های بانکی انجام شده است و در طی دوره روند کاملاً صعودی داشته است. بانک‌های خصوصی شده که شامل ۴ بانک هستند و بانک‌های تجاری دولتی روند ثابتی در تعداد معاملات با سایر بانک‌ها داشته‌اند. اما روند معاملات بانک‌های تخصصی-دولتی از اوایل سال ۱۳۹۳ شروع به رشد کرده و روند صعودی داشته است.

شکل های ۱ و ۳ نشان می‌دهند که نه تنها تعداد بانک های فعال در طی زمان افزایش یافته است بلکه تعداد لینک ها و معاملات نیز افزایش یافته است. می‌توان چنین برداشت کرد که تعداد معادلات بیشتر با مبالغ کمتر رخ داده است که کارا تر شدن مدیریت نقدینگی بانک ها را نشان می‌دهد. (باروسی^{۵۲} و همکاران، ۲۰۰۴).
 یک روش دیگر برای تحلیل ساختار شبکه، تحلیل گراف شماتیکی شبکه است. شکل ۴ تصویر شبکه جهت دار بازار بین بانکی ایران را در ماه شهریور ۹۴ نشان می‌دهد. در گراف زیر که از نرم افزار Cytoscape 2018 استخراج شده است بانکها به تفکیک چهار گروه ذکر شده خوشه بندی شده‌اند. همچنین با توجه به جهت یال ها (انتقال نقدینگی از اعتبار دهنده به اعتبار گیرنده) مشاهده می‌شود که تراکم روابط در بین بانک های خصوصی بیشتر بوده و این بانک ها علاوه بر یکدیگر با بانک های خصوصی شده و دولتی -تخصصی مروده اعتباری داشته‌اند. بانک های خصوصی شده و تخصصی-دولتی بیشترین روابط را با بانک های خصوصی داشته و ارتباط کمتری در گروه خودشان با یکدیگر دارند. نمودار این فرضیه را تقویت می‌کند که بانک های خصوصی به صورت واسطه عمل کرده و با هدف کسب سود اقدام به قرض کردن پول از بانک های تخصصی-دولتی و قرض دادن آن به بانک های خصوصی شده کرده‌اند. ولیکن با توجه به نمودار ۲، در نهایت خالص مرادلات بین بانکی نشان دهنده این است که بانک های خصوصی در کل با کمبود نقدینگی مواجه و قرض گیرنده و بانکهای تخصصی دولتی با وضعیت مطلوب نقدینگی بیشترین حجم پول را در بازار بین بانکی قرض داده‌اند.



شکل ۴- شبکه بازار بین بانکی- شهریور ماه ۹۴، ۲۸ گره (بانک) و ۲۰۵ یال

در ادامه به محاسبه و بررسی دو فاکتور تعیین کننده ساختار شبکه و در نتیجه ارزیابی ساختار بازار بین بانکی ایران از منظر ریسک سیستمی می‌پردازیم.

۳-۴- توزیع تجمعی درجه

یکی از روشهای تعیین ساختار شبکه بررسی تابع توزیع درجه شبکه است. نوع تابع توزیع درجه مشخص میکند که ساختار شبکه شبکه نرمال است یا بدون مقیاس. شبکه های تصادفی^{۵۳} (شبکه هایی که با ایجاد روابط تصادفی بین نود ها به دست می آیند) دارای توزیع درجه با میانگین و واریانس^{۵۴} مشخص و محدود هستند. در ساختار شبکه تصادفی هیچ قطبی^{۵۵} وجود ندارد و سیستم در مقابل شوک و حمله های بیرونی مقاوم است. بر عکس شبکه های بدون مقیاس^{۵۶} (شبکه هایی که توزیع درجه آنها پاور لا است) به شدت در مقابل حملات بیرونی در نقاط قطبی شبکه آسیب پذیر اند(آلبرت و همکاران، ۲۰۰۰). شوک ها که به طور همزمان بخشی از قطب ها را از بین می برند، می توانند منجر به فروپاشی شبکه بدون مقیاس شوند. اما شبکه های تصادفی در صورتی که تعداد اندکی از قطب ها به طور همزمان حذف شوند، می توانند خود را سریعاً بازسازی و بهبود بخشند. همچنین شبکه های بدون مقیاس به شدت در مقابل اپیدمی ها نیز آسیب پذیر هستند(باردلمی^{۵۷} و همکاران، ۲۰۰۵). در شبکه های تصادفی، اپیدمی ها (شکست های پی در پی) زمانی در کل شبکه تسری پیدا می کنند که تعداد نود هایی که درگیر آن می شوند از یک حد آستانه^{۵۸} بیشتر باشد. زیر این حد آستانه این اپیدمی ها از بین می روند و آسیبی به شبکه نمی رسانند. اما بالای حد بحرانی و آستانه، بحران به طور نمایی به کل شبکه گسترش میابد. شواهد اخیر نشان می دهد که حد آستانه برای اپیدمی ها در شبکه های بدون مقیاس صفر است و به محض اینکه یک نود رفتار شود این بحران به شبکه سرایت پیدا می کند(لوری و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین ساختار شبکه میزان پایداری را نشان می دهد.

جدول ۲ تحلیل توصیفی متوسط درجه در شبکه بین بانکی ایران را نشان می دهد.

جدول ۲- تحلیل توصیفی معیار متوسط درجه

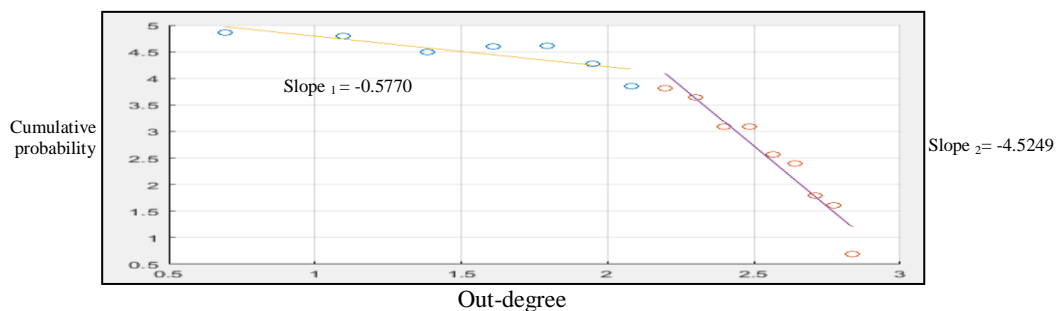
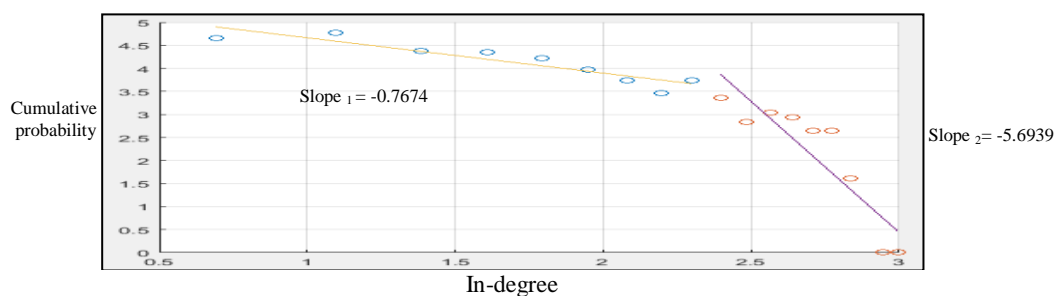
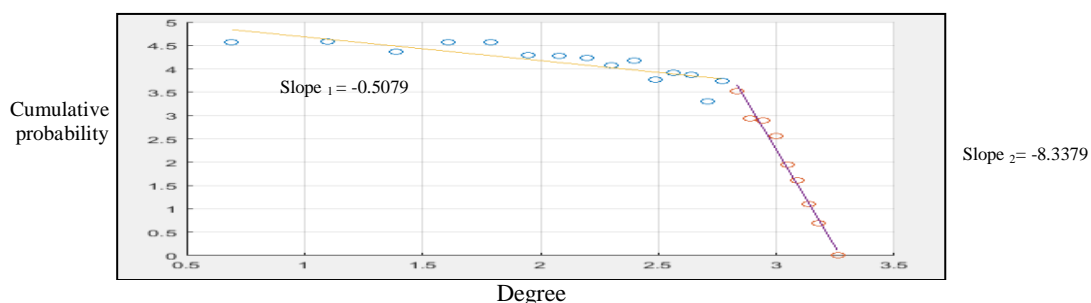
معیار	میانگین	میانه	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	skewness	kurtosis
تعداد گره های شبکه (بانک ها)	19.106	19.500	4.000	28.000	4.921	-0.670	0.683
تعداد لینک های شبکه(روابط)	74.697	63.000	3.000	205.000	49.436	0.612	-0.543
متوسط درجه	3.523	3.472	0.667	7.321	1.732	0.259	-0.929

اگر K_i درجه بانک i باشد، درجه ورودی k^b (in-degree) و درجه خروجی k^l (out-degree) نود(بانک) i هستند به طوریکه $K = k^l + k^b$. احتمال درجه با تابع $P(k)$ نشان داده می شود. تابع توزیع تجمعی به صورت زیر تعریف میشود:

$$P_{cum}(k) = \sum_{k' \geq k} p(k') \quad (۶)$$

که نشان دهنده تعدادی از بانک هاست که میزان درجه آن ها از k بیشتر است.

در ادامه به منظور تعیین نوع شبکه بازار بین بانکی ایران با ۳۳ نود به بررسی تابع توزیع درجه می پردازیم. مانند تمام شبکه های دنیای واقعی، توزیع درجه بازار بین بانکی ایران برای هر سه نمودار درجه کلی، درجه ورودی و درجه خروجی از توزیع پاور لائو پیروی می کند. شکل ۵ که از اطلاعات تجمیع شده ۶۶ ماتریس مجاورت به دست آمده است و به صورت نمودار log-log درجه و احتمال تجمعی است، توزیع درجه ها در شبکه بین بانکی برای درجه، درجه ورودی و درجه خروجی نشان می دهد. در هر سه حالت توزیع درجه دارای دو بخش است که می تواند با درجه نمایی فیت شود. در نتیجه یک خط برای توزیع درجات کوچکتر و یک خط برای توزیع درجات بزرگتر با الگوریتم حداقل توزیع مربعات خطا موزون ترسیم می شود.



شکل ۵- توزیع درجه، درجه ورودی و درجه خروجی

برای مثال همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌کنید، توان γ_1 در معادله $p(k) \propto k^{-\gamma}$ برای درجه کلی، درجه ورودی و خروجی به ترتیب برابر است با -0.5079 ، -0.7674 ، -0.5770 . با توجه به نتایج به دست آمده شبکه بازار بین بانکی ایران جز شبکه بدون مقیاس^{۵۹} و توزیع درجه از توزیع پاورلا تبعیت می‌کند و بنابراین نسبت به ریسک سیستمی و سرایت آسیب‌پذیری بیشتری دارد. نتایج فوق نشان می‌دهد که تعداد کمی از بانک‌های بزرگ که توان اعتباری و وام‌دهی بالایی دارند مالک سهم بیشتری از سپرده‌گذاری بازار بین بانکی هستند و تعداد زیادی از بانک‌های کوچک که مقیاس اعتباری کمتر و ضعیف‌تری دارند مالک سهم کمتری از سپرده‌گذاری بازار بین بانکی هستند. این ویژگی توپولوژیکی با نتایج به دست آمده در تحقیقات بازارهای استرالیا و ژاپن (سوما و همکاران، ۲۰۰۳، باس و همکاران، ۲۰۰۴) و یافته‌های ایناووکا و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. همچنین در تحقیقات دیگر توزیع درجه دارای توزیع درجه دو تایی است. (شاولی، ۲۰۱۰).

توپولوژی شبکه (برای مثال شبکه‌های اینترنت، شبکه‌های اجتماعی، شبکه‌های ارتباطی و قدرت) بر روی پایداری و عملکرد شبکه موثر است. شبکه‌های تصادفی^{۶۰} (شبکه‌هایی که با ایجاد روابط تصادفی بین نودها به دست می‌آیند) دارای توزیع درجه با میانگین و واریانس^{۶۱} مشخص و محدود هستند. در ساختار شبکه تصادفی هیچ قطبی^{۶۲} وجود ندارد و سیستم در مقابل شوک و حمله‌های بیرونی مقاوم است. بر عکس شبکه‌های بدون مقیاس^{۶۳} (شبکه‌هایی که توزیع درجه آنها پاور لا است) به شدت در مقابل حملات بیرونی در نقاط قطبی شبکه آسیب‌پذیر اند (آلبرت و همکاران، ۲۰۰۰). شوک‌ها که به طور همزمان بخشی از قطب‌ها را از بین می‌برند، می‌توانند منجر به فروپاشی شبکه بدون مقیاس شوند. اما شبکه‌های تصادفی در صورتی که تعداد اندکی از قطب‌ها به طور همزمان حذف شوند، می‌توانند خود را سریعاً بازسازی و بهبود بخشند. همچنین شبکه‌های بدون مقیاس به شدت در مقابل اپیدمی‌ها نیز آسیب‌پذیر هستند (باردلمی و همکاران، ۲۰۰۵). در شبکه‌های تصادفی، اپیدمی‌ها (شکست‌های پی‌در پی) زمانی در کل شبکه تسری پیدا می‌کنند که تعداد نودهایی که درگیر آن می‌شوند از یک حد آستانه^{۶۴} بیشتر باشد. زیر این حد آستانه این اپیدمی‌ها از بین می‌روند و آسیبی به شبکه نمی‌رسانند. اما بالای حد بحرانی و آستانه، بحران به طور نمایی به کل شبکه گسترش می‌یابد. شواهد اخیر نشان می‌دهد که حد آستانه برای اپیدمی‌ها در شبکه‌های بدون مقیاس صفر است و به محض اینکه یک نود گرفتار شود این بحران به شبکه سرایت پیدا می‌کند (لوری و همکاران، ۲۰۰۷).

با توجه به نتایج فوق شبکه بازار بین بانکی ایران از نوع شبکه بدون مقیاس بوده و توزیع درجه از توزیع پاور لا تبعیت می‌کند. شبکه دارای چندین قطب است و در مقابل حملات بیرونی در نقاط قطبی شبکه آسیب‌پذیر می‌باشد. بنابراین شبکه بین بانکی ایران در طی سالهای مورد بررسی نسبت به ریسک سیستمی و سرایت آسیب‌پذیری زیادی داشته است.

۴-۴- شباهت (assortativity)

معیار شباهت که جزو سنجه‌های کلی شبکه به شمار می‌رود، نشان‌دهنده تمایل بانک‌ها (نودها) به ایجاد روابط با بانک‌های (نودهای) مشابه در شبکه است. ضریب شباهت r به صورت ضریب همبستگی پیرسون

درجات نود ها در هر جفت از ارتباطات است. در این بخش ما ضریب همبستگی بین درجات ورودی و خروجی بین وام دهندگان و وام گیرندگان را محاسبه می کنیم. مقدار مثبت برای r نشان دهنده این است که دو نود که با هم ارتباط دارند دارای درجات مشابه هستند (نیومن، ۲۰۰۳). در حالت کلی $r \in [-1, 1]$ است. زمانی که $r=1$ شبکه دارای ساختار کاملاً مشابه است و برعکس زمانی که $r=-1$ است شبکه کاملاً غیر مشابه است که نشان دهنده این است که مراکز پولی یا قطب در شبکه بین بانکی وجود دارد. اگر i_u و k_u درجات دو نود باشند که در راس های لینک u شبکه G قرار دارند و $l = |E|$ تعداد لینک های شبکه G باشد معیار شباهت شبکه بر اساس فرمول زیر محاسبه می شود (نیومن، ۲۰۰۲).

$$r = \frac{l^{-1} \sum_{u \in E} i_u k_u - \left[\frac{l^{-1} \sum_{u \in E} (i_u + k_u) \right]^2}{2}}{\frac{l^{-1} \sum_{u \in E} (i_u^2 + k_u^2) - \left[\frac{l^{-1} \sum_{u \in E} (i_u + k_u) \right]^2}{2}}{2}} \quad (7)$$

بر اساس تحقیق سیلوا و زو (۲۰۱۲) بررسی الگوی ترکیب شباهت در شبکه های پیچیده برای تفسیر عملکرد نود ها و برای تحلیل ویژگی کلی شبکه بسایر حائز اهمیت است. در ساختار بازار بین بانکی شناسایی معیار شباهت به دلایل زیر دارای اهمیت است:

زمانی که شبکه ویژگی ترکیب غیر مشابه را نشان می دهد یعنی زمانی که $r \rightarrow -1$ ، اکثریت بانک ها در شبکه در ارتباط با بانک هایی با درجات غیر مشابه هستند. در نتیجه در چنین شبکه ای تعداد کمی از بانک ها روابط زیادی دارند (مرکز پول هستند). شروع یک مشکل و نکول در یکی از مراکز پول به طور مستقیم تعداد زیادی از بانک های شبکه را درگیر می کند. در این ساختار تعداد زیادی از بانک هایی که در ارتباط با مرکز پولی هستند با سرایت مالی مواجه شده و نکول را در کل شبکه پخش می کنند. از آن جاییکه در این ساختار مرکز پولی دارای ارتباطات زیاد^{۶۵} هستند، قطر شبکه کوچک خواهد شد که این امر باعث تقویت پخش فرآیند سرایت در شبکه می شود. همچنین اگر یک بانک کوچک با درجه پایین نکول کند، احتمالاً بانکی که مرکز پول است را به طور مستقیم تحت تاثیر قرار می دهد. از آنجاییکه که احتمالاً پوشش سرمایه بانک بالا است زیان ناشی از نکول بانک های کوچک در مرکز پول جذب می شود. همینطور آثار زنجیره ای نکول های پیاپی توسط مرکز پول حفظ می شود.

زمانی که شبکه ویژگی ترکیب مشابه را نشان می دهد یعنی زمانی که $r \rightarrow 1$ ، انتظار داریم دو نوع خوشه یا جامعه در شبکه بین بانکی به وجود بیاید: جامعه نودهایی با درجات بالا و نودهایی با درجات پایین. در هر جامعه، تعداد لینک هایی که نود های یک جامعه را به هم ربط می دهند بیشتر از تعداد لینک هایی هستند که دو نود در دو جامعه مختلف را به هم ربط می دهند. در این نوع ساختار انتظار داریم که مرکز پول نداشته باشیم. جامعه که درجات بالا دارد تقریباً مشابه به یک گراف کامل^{۶۶} است. به این علت که تعداد موسسات بزرگ

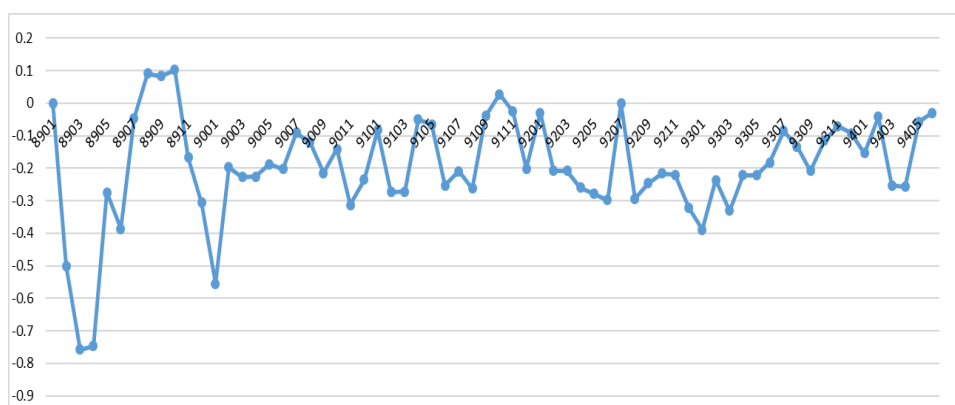
کم است و آنها تقریباً با جفت‌های مشابه خود در ارتباط هستند. همچنین این جامعه با تعداد لینک‌های کمی به جامعه‌ی دوم (جامعه با درجه ارتباط کمتر) در ارتباط هستند. بنابراین شبکه در این ساختار دارای قطر بزرگ است. اگر یکی از بانک‌های جامعه اول (جامعه با درجات بالا)، نکول کند، تمام همسایگان جامعه خود و تعداد کمی از بانک‌های جامعه دوم را تحت تاثیر قرار می‌دهد که با توجه به روابط کم بانک‌های این جامعه آسیب پذیرتر هستند. چنانچه بانک‌های این گروه پوشش سرمایه کم و ریسک بیشتری داشته باشند تحت تاثیر نکول پیش آمده دچار بحران شده و فرآیند سرایت بحران آغاز می‌شود. از طرف دیگر اگر نکول در جامعه دوم اتفاق بیوفتد، این امر خیلی کم محتمل خواهد بود که نکول به جامعه اول سرایت کند. هرچند که با توجه به آسیب پذیری بانک‌ها، اثر دومینویی مانند حالت قبل در بین بانک‌های جامعه دوم ممکن است اتفاق بیافتد.

زمانی که در شبکه هیچ ترجیح ارتباطی وجود ندارد یعنی زمانی که $r \rightarrow 0$ ، انتظار داریم که شبکه خاصیت ترکیبی از مشابه و غیر مشابه داشته باشد. در چنین حالتی با هیچ ساختار جامعه‌ای مشخصی مانند حالت قبل روبرو نیستیم. (سیلوا، ۲۰۱۶)

جدول ۳ و شکل ۶ معیار شباهت برای شبکه بازار بین بانکی ایران را از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.

جدول ۳- تحلیل توصیفی معیار شباهت

معیار	میانگین	میانه	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	skewness	kurtosis
معیار شباهت	-0.197	-0.208	-0.758	0.102	0.162	-1.088	2.931



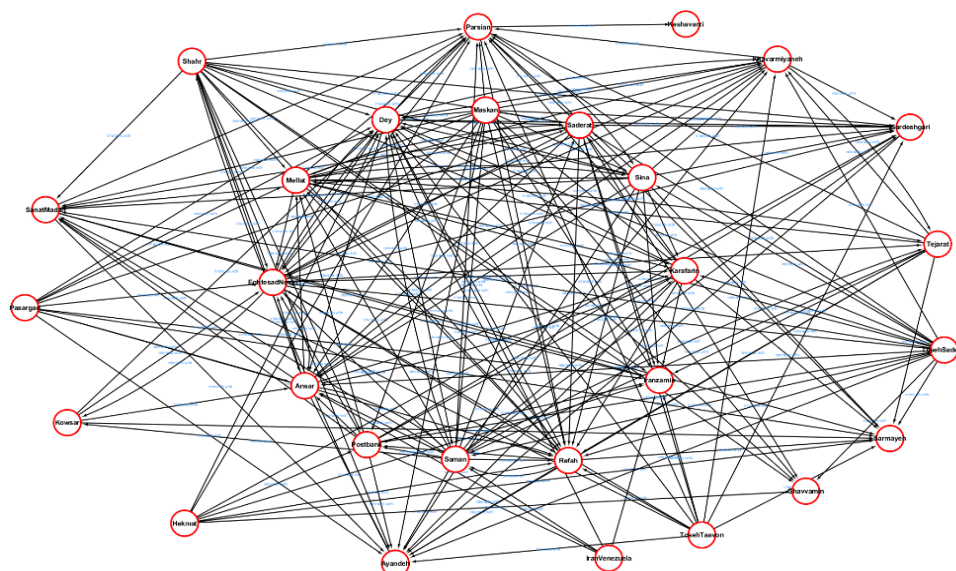
شکل ۵- روند معیار شباهت شبکه

نتایج نشان می‌دهد که در سه مقطع آبان، آذر و دی سال ۱۳۸۹ این معیار مثبت بوده است. در ماههای خرداد و تیر ۱۳۸۹ شبکه بین بانکی خاصیت غیر مشابه بیشتری داشته و با گذشت زمان خاصیت مشابه افزایش و با نزدیک شدن ضریب به صفر ویژگی مشابه قوی تر شده است. همانطور که از اطلاعات جدول ۲ پیداست میانگین و میانه معیار شباهت منفی بوده و بنابراین در کل شبکه بین بانکی ایران در اکثریت ماه های مورد بررسی دارای I منفی و ساختار غیر مشابه بوده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که شبکه دارای ساختار پیرامون- هسته^{۶۷} بوده است و دارای یک یا چند بانک به عنوان مرکز پول می باشد و لیکن به مرور این خاصیت تضعیف شده است.

در ساختار غیر مشابه، بانک های پیرامونی به بانک هسته ای وصل هستند و بانک هسته ای با بقیه شبکه در ارتباط است و به عنوان واسطه فرآیند وام گیری و وام دهی عمل می کند و این امر باعث مقاومت شبکه بین بانکی میشود (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۵).

با توجه به موارد ذکر شده، شبکه بازار بین بانکی ایران دارای ساختار غیر مشابه است و این امر نشان میدهد که در شبکه مورد بررسی بانک هایی با درجه ارتباط بالا با بانک هایی با درجه کم (ارتباطات کم) متصل هستند. همانطور که در تحقیقات زو^{۶۸} و همکاران (۲۰۱۲) و کارایوز و همکارانش (۲۰۱۹) نشان داده شده است در ساختارهای مشابه ریسک سیستمی بالاست و به عبارتی بانک های با ریسک بالا در معرض ارتباط با بانک های با ریسک بالا هستند. بنابراین هر چه شبکه ها به سمت ترکیب های مشابه نزدیک تر شوند مقاومت و پایداری شبکه کاهش می یابد. در شبکه های غیر مشابه ریسک سیستمی پایین تر و بانک های ریسکی با بانک های پایدارتر در ارتباط هستند.

با عنایت به موارد فوق شبکه بازار بین بانکی دارای ساختار غیر مشابه بوده است ولیکن با گذشت زمان این خاصیت تضعیف و معیار شباهت بزرگتر و به صفر نزدیک تر شده است. به عبارتی آسیب پذیری شبکه بازار بین بانکی ایران نسبت به ریسک سیستمی و سرایت مالی افزایش یافته است. نمایش شبکه بازار بین بانکی ایران در شهریور ۹۴ به صورت گرافیکی نیز نشان دهنده خاصیت خنثی از منظر معیار شباهت است. همانطور که از شکل ۶ پیداست بانک هایی با درجه بالا تمایل به برقراری ارتباط با بانک هایی با درجه بالا دارند و شبکه دارای ساختار پیرامون هسته نمی باشد. در این ساختار قطر شبکه بالا و در حدود ۴ می باشد و در صورت بروز نکول، بحران در شبکه به صورت دومینویی به کل شبکه تسری پیدا می کند.



شکل ۶. شبکه بازار بین بانکی - شهریور ماه ۹۴، ۲۸ گره (بانک) و ۲۰۵ یال

۵- نتیجه گیری

در این مقاله با هدف شناسایی توپولوژی و تحلیل ساختار شبکه بازار بین بانکی ایران از تئوری شبکه های پیچیده که ترکیبی از تئوری گراف و شاخص های آماری است استفاده شده است. به این منظور از اطلاعات مربوط به تعاملات فی مابین ۳۳ بانک و موسسه اعتباری فعال در بازار بین بانکی ایران از فروردین ماه ۱۳۸۹ الی شهریور ماه ۱۳۹۴ شامل ۶۶ ماتریس ماهانه استفاده شده است. برای هر ماه از جامعه آماری، شبکه تعاملات بین بانک ها شامل نوع ساختار و پارامترهای مربوطه محاسبه شده است.

در تحقیق حاضر به بررسی دو سنجه توزیع تجمعی درجه و معیار شباهت که جزو مهمترین سنجه های تاثیر گذار در توپولوژی، ساختار و پایداری شبکه هستند پرداخته شده و سپس با توجه به نتایج به دست آمده میزان ریسک سیستمی شبکه بازار بین بانکی ایران تحلیل شده است.

با بررسی معیار توزیع تجمعی درجه که جزو سنجه های ارزیابی داخلی شبکه میباشد، به این نتیجه میرسیم که شبکه بازار بین بانکی ایران مانند بسیاری از تحقیقات بین المللی که در کشورهای مختلف مانند ژاپن و استرالیا و ... انجام شده است از نوع شبکه بدون مقیاس بوده و توزیع درجه از توزیع Power-law تبعیت می کند. شبکه دارای چندین قطب است و به شدت در مقابل حملات بیرونی در نقاط قطبی شبکه آسیب پذیر می باشد. بنابراین شبکه بین بانکی ایران در طی سالهای مورد بررسی نسبت به ریسک سیستمی و سرایت آسیب پذیری زیادی داشته است.

نتایج فوق با نتایج به دست آمده از بررسی سنجه معیار شباهت شبکه که جزو سنجه های کلی ارزیابی شبکه است همراستا است. در ساختارهای مشابه ریسک سیستمی بالاست و به عبارتی بانک های با ریسک بالا در معرض ارتباط با بانک های با ریسک بالا هستند. بنابراین هر چه شبکه ها به سمت ترکیب های مشابه نزدیک تر شوند مقاومت و پایداری شبکه کاهش می یابد. در شبکه های غیر مشابه ریسک سیستمی پایین تر و بانک های ریسکی با بانک های پایدارتر در ارتباط هستند. ارزیابی معیار شباهت بیان می کند که اگرچه شبکه بازار بین بانکی ایران با ضریب شباهت منفی دارای ساختار غیر مشابه است ولیکن با گذشت زمان این خاصیت تضعیف و معیار شباهت بزرگتر و به صفر نزدیک تر شده است. به عبارتی آسیب پذیری شبکه بازار بین بانکی ایران نسبت به ریسک سیستمی و سرایت مالی افزایش یافته است. تحلیل گراف شبکه نیز نشان می دهد، بانک هایی با درجه بالا تمایل به برقراری ارتباط با بانک هایی با درجه بالا دارند. در این ساختار قطر شبکه بالا و در حدود ۴ می باشد و در صورت بروز نکول، بحران در شبکه به صورت دومینویی به کل شبکه تسری پیدا می کند.

تحلیل نتایج به تفکیک نوع بانک ها نشان داد که بانک های خصوصی حجم بالایی از مبادلات در بازار بین بانکی ایران و همچنان بیشترین بخش تعداد معاملات (تعداد لینک ها فعال شبکه) را به خود اختصاص داده اند. با بررسی شماتیک شبکه و با توجه به جهت یال ها (انتقال نقدینگی از اعتبار دهنده به اعتبار گیرنده) مشاهده می شود که تراکم روابط در بین بانک های خصوصی بیشتر بوده و این بانک ها با بانک های خصوصی شده و دولتی تخصصی مرادوات داشته اند. بانک های خصوصی شده و تخصصی-دولتی بیشترین روابط را با بانک های خصوصی داشته و ارتباط کمتری در گروه خودشان با یکدیگر دارند. گراف شبکه این فرضیه را تقویت می کند که بانک های خصوصی به صورت واسطه عمل کرده و با هدف کسب سود اقدام به قرض کردن پول از بانک های تخصصی-دولتی و قرض دادن آن به بانک های خصوصی شده کرده اند. ولیکن با بررسی جریان خالص نقدینگی، بانک های خصوصی با جریان منفی نقش سپرده پذیری و بانک های خصوصی شده و تخصصی دولتی با جریان مثبت نقش سپرده گذاری را در شبکه بین بانکی ایران داشته اند.

بدیهی است که بانک های سپرده گذار بیشترین سهم از پذیرش ریسک سیستمی و بانک های سپرده پذیر بیشترین نقش در ایجاد ریسک سیستمی در شبکه را دارند. بانک هایی که درجه ورودی بالا دارند در ریسک سیستمی شبکه تاثیر دارند و چنانچه نکول کنند این نکول به بقیه شبکه سرایت می کند. این نوع بانک ها منشا بروز ریسک سیستمی در شبکه هستند. از طرفی بانک هایی که بیشترین درجه خروجی را دارند سهم بالایی از ریسک سیستمی شبکه را می پذیرند و هر لحظه ممکن است با نکول بانک های دیگر در بازپس گیری وجوه خود به مشکل بر بخورند و لذا با ریسک نکول بالایی مواجه هستند.

بنابراین با توجه به ساختار شبکه که مستعد سرایت مالی در صورت وقوع بحران می باشد، در صورت بروز مشکل و نکول در شبکه به خصوص در بانک های خصوصی بیشترین آسیب پذیری از ریسک سیستمی متوجه بانک های تخصصی دولتی و خصوصی شده می باشد. بنابراین مهم ترین بخشی که بایستی توسط مراجع نظارتی و بانک مرکزی مورد مراقب قرار گیرد بخش بانک های خصوصی است زیرا این بخش از بانک ها با توجه به حجم

مبادلات بالا و جریان خالص منفی می‌توانند ریسک سیستمی بالایی را به شبکه بازار بین بانکی و در نتیجه سیستم بانکی کشور منتقل کنند.

در پایان، لازم به ذکر است ساختار شبکه در طی زمان متغیر و با توجه به شرایط اقتصادی و وضعیت نقدینگی، نرخ بازار بین بانکی، شیوه‌های مدیریت نقدینگی بانک‌ها و سایر موارد تغییر و لذا ریسک سیستمی شبکه نیز متغیر خواهد بود. لذا به عنوان تحقیقات آتی، بررسی تاثیر شاخص‌های کلان اقتصادی در ساختار شبکه می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد که مشخص می‌کند چه عواملی بر پایداری و ریسک سیستمی شبکه بازار بین بانکی ایران موثر هستند.

فهرست منابع

- * آذری قره لری، آ.، رستگار، م.ع.، (۱۳۹۴). بررسی ریسک سیستمی شرکت بر شرکت در شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران، سومین کنفرانس مدیریت، اقتصاد، حسابداری.
- * توکلی، م.، عبدالرحیمیان، م.، و رعیتی شوازی، علیرضا. (۱۳۹۵). برآورد اثر نرخ بهره بین بانکی بر عملکرد (سودآوری) بانکهای ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم انسانی، دانشگاه علم و هنر.
- * توکلیان، ح. (۱۳۹۰). بازار بین بانکی ریالی و قابلیت معرفی یک ابزار جدید سیاستگذاری پولی. تازه‌های اقتصاد، شماره صد و سی و سه، ۱۰۷-۱۰۴.
- * شاهچرا، م.، طاهری، م.، (۱۳۹۷)، تاثیرات الزامات نقدینگی بر سیاست گذاری بانک مرکزی در بازار بین بانکی ایران، بیشت و هشتمین کنفرانس سیاست‌های پولی و ارزی.
- * دستورالعمل اجرایی عملیات بازار بین بانکی ریالی، مصوب ۱۳۸۳.
- * رستگار، م.ع. کریمی‌ن. (۱۳۹۵)، ریسک سیستمی در بخش بانکی، مجله مدلسازی ریسک و مهندسی مالی، دوره ۱، شماره ۱، ص. ۱-۱۹.
- * حاجیان، م.ر.، (۱۳۸۵)، بازار بین بانکی ایران، تهران، انتشارات پژوهشکده پولی و بانکی.
- * درودیان، ح. (۱۳۸۹) گزارشی از وضعیت بازار بی بانکی در ایران، مؤسسه‌ی مطالعات و تحقیقات مبین.
- * شمسی، س.، موسویان، ع.، نیلی، ف.، طالبی، م.، صالح آبادی، ع.، (۱۳۹۵). طراحی بازار بین بانکی در نظام پولی و مالی ایران مبتنی بر فقه امامیه. رساله دکتری.
- * Aldasoro, I., Gatti, D. D., & Faia, E. (2017). Bank networks: Contagion, systemic risk and prudential policy. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 142, 164-188.
- * Allen, F. and Gale, D. (2000). Financial contagion. *Journal of Political Economy*, 108:1-33.
- * Acemoglu, D., Ozdaglar, A., and Tahbaz-Salehi, A. (2015). Systemic risk and stability in financial networks. *American Economic Review*, 105(2):564-608.
- * Allen, F., Gale, D., (2000). Financial contagion, *Journal of political economy* 108 (1), 1-33.
- * Albert, R., Jeong, H., Barabasi, A.L., (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature* 406,378.
- * Barthelemy, M., Barrat, A., Pastor-Satorras, R., and Vespignani, A. (2005). Characterization and modeling of weighted networks. *Physica A*, 346:34-43.

- * Barucci, E., Impenna, C., Reno, R., (2004). The Italian overnight market: microstructure effects, the martingale hypothesis and the payment system. *Research in Banking and Finance* 4, 321–36
- * Boss, M., Elsinger, H., Summer, M., Thurner S., (2007). Network topology of the interbank market, *Quantitative Finance* 4 (6), 677–684.
- * Boss, M., Elsinger, H., Summer, M., Thurner, S., (2008), The Network Topology of the Interbank Market, *Physica A*.
- * Costa, F., Rodrigues, L., Travieso, F.A., and Boas, P. R. V. (2005). Characterization of complex networks: A survey of measurements. *Advances in Physics*, 56(1):167–242.
- * Castro Miranda, R. C., Stancato de Souza, S. R., Silva, T. C., and Tabak, B. M. (2014). Connectivity and systemic risk in the Brazilian national payments system. *Journal of Complex Networks*, 2(4):585–613.
- * Craig, B., Von Peter, G., (2014). Interbank tiering and money center banks, *Journal of Financial Intermediation* 23 (3) 322–347
- * Clauset, A., Shalizi, C.R., Newman, M.E., (2009). Power-law distributions in empirical data, *SIAM review* 51 (4). 661–703.
- * Cajueiro, D.O., Tabak, B.M., (2008). The role of banks in the Brazilian interbank market: Does bank type matter?, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 387 (27), 6825–6836.
- * Di Gangi, D., Sardo, D., Macchiati, V., Minh, T. P., Pinotti, F., Ramadiah, A., ... & Cimini, G. (2018). Network Sensitivity of Systemic Risk. *arXiv preprint arXiv:1805.04325*.
- * Erol, S., & Vohra, R. (2018). Network formation and systemic risk. Available at SSRN 2546310.
- * Engel, J., Pagano, A., & Scherer, M. (2019). Reconstructing the topology of financial networks from degree distributions and reciprocity. *Journal of Multivariate Analysis*.
- * Freixas, X., Parigi, B., and Rochet, J. (2000). Systemic risk, interbank relations, and liquidity provision by the Central Bank. *Journal of Money, Credit and Banking* 32(3):611–638.
- * Georg, C.-P. (2013). The effect of the interbank network structure on contagion and common shocks. *Journal of Banking and Finance*, 37(7):2216–2228.
- * González-Avella, J. C., de Quadros, V. H., & Iglesias, J. R. (2016). Network topology and interbank credit risk. *Chaos, Solitons & Fractals*, 88, 235–243.
- * Iori, G., Jafarey, S., Padilla, F., (2006). Systemic risk on the interbank market. *Journal of Economic Behaviour and Organization* 61 (4), 525–542.
- * Iori, G., Reno, R., De Masi, G., Caldarelli, G., (2007). Trading strategies in the Italian interbank market, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 376 467–479
- * Ioria, G., Masib, G., Precup, O.V., Gabbi, G., Caldarelli, G., (2007). A network analysis of the Italian overnight money market, *Journal of Economic Dynamics & Control*.
- * Iori, G., De Masi, G., Precup, O.V., Gabbi, G., Caldarelli, G., (2007). A network analysis of the Italian overnight money market, *Journal of Economic Dynamics and Control* 32 (1) , 259–278.
- * Iori, G., Reno, R., De Masi, G., Caldarelli, G., (2007). Trading strategies in the Italian interbank market, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 376, 467–479.
- * Krause, S. M., Štefančić, H., Zlatić, V., & Caldarelli, G. (2019). Controlling systemic risk-network structures that minimize it and node properties to calculate it. *arXiv preprint arXiv:1902.08483*.
- * Leventides, J., Loukaki, K., & Papavassiliou, V. G. (2019). Simulating financial contagion dynamics in random interbank networks. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 158, 500–525.
- * Lee, S. H. (2013). Systemic liquidity shortages and interbank network structures. *Journal of Financial Stability*, 9(1):1–12.
- * Li, S. and He, J. (2012). The impact of bank activities on contagion risk in interbank networks. *Advances in Complex Systems*, 15:1250086.

- * Nier, E., Yang, J., Yorulmazer, T., and Alentorn, A. (2007). Network models and financial stability. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(6):2033–2060.
- * Newman, M. (2010). *Networks: An Introduction*. Oxford University Press, Inc., New York, NY, USA.
- * Newman, M. E. (2002). Assortative mixing in networks. *Physical Review Letters*, 89(20):208701.
- * Newman, M. E. J. (2003a). Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, 67(2):026126.
- * Newman, M. E. J. (2003b). The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 45:167–256.
- * Papadimitriou, T., Gogas, P., and Tabak, B. M. (2013). Complex networks and banking systems supervision. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(19):4429–4434.
- * Silva, T. C. and Zhao, L. (2012). Network-based high level data classification. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 23(6):954–970.
- * Silva, T. C. and Zhao, L. (2015). High-level pattern-based classification via tourist walks in networks. *Information Sciences*, 294:109–126.
- * Silva, T.C., Rubens Stancato de Souza, S., Tabak, B.M., (2015). Network Structure Analysis of the Brazilian Interbank Market, June.
- * Shouwei Li , Jianmin He, Yaming Zhuang, (2010). A network model of the interbank market, *Physica A* 389, 5587–5593.
- * Souma, W., Fujiwara, Y., Aoyama, H., (2003). Complex networks and economics, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 324 (1), 396–401.
- * Soram'aki, K., Bech, M.L., Arnold, J., Glass, R.J., Beyeler, W.E., (2007). The topology of interbank payment flows, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 379 (1). 317–333
- * Tabak, B. M., Takami, M., Rocha, J. M., Cajueiro, D. O., and Souza, S. R. (2014). Directed clustering coefficient as a measure of systemic risk in complex banking networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 394(0):211–216.
- * Tabak, B.M., Cajueiro, D.O., Serra, T.R., (2009). Topological properties of bank networks: the case of Brazil, *International Journal of Modern Physics C* 20 (08).1121–1143.
- * Upper, C. (2011). Simulation methods to assess the danger of contagion in interbank markets. *Journal of Financial Stability*, 7(3):111–125.
- * Wells, S. (2002). UK interbank exposures: systemic risk implications. *Financial Stability Review*, 13(12), 175-182.
- * Xu, T., He, J., Li, S., (2016). A dynamic network model for interbank market, *Physica A*.
- * Zhou, D., Stanley, H. E., D'Agostino, G., & Scala, A. (2012). Assortativity decreases the robustness of interdependent networks. *Physical Review E*, 86(6), 066103

یادداشت‌ها

¹ Gonzalez-avella² Aldasoro³ Angelini⁴ Boss et a⁵ Iori et al., 2006⁶ Furfine⁷ Iori and Jafarey⁸ Bank run⁹ Watts and Strogatz¹⁰ Barabasi and Albert¹¹ Souma

- ¹² tiered
- ¹³ Craig and Peter
- ¹⁴ Lubloy
- ¹⁵ Soramaki
- ¹⁶ Leventides et al.
- ¹⁷ Li and He
- ¹⁸ Lee
- ¹⁹ Georg
- ²⁰ De Gangi et al.
- ²¹ Acemoglu
- ²² Nier et al.
- ²³ Papadimitriou et al.
- ²⁴ Krause
- ²⁵ Debt Rank
- ²⁶ assortative
- ²⁷ disassortative
- ²⁸ Multidisciplinary
- ²⁹ Costa et al.
- ³⁰ Complex network theory
- ³¹ Erdos-Renyi random graph
- ³² small-world network
- ³³ scale-free network
- ³⁴ money center structure
- ³⁵ complete market
- ³⁶ incomplete market
- ³⁷ Xu et al.
- ³⁸ adjacency matrix
- ³⁹ connectivity matrix
- ⁴⁰ weighted connectivity matrix¹
- ⁴¹ seller
- ⁴² Outcoming link
- ⁴³ buyer
- ⁴⁴ Incoming link
- ⁴⁵ borrowing (lending)
- ⁴⁶ Degree
- ⁴⁷ Scale free
- ⁴⁸ Affinity
- ⁴⁹ assortativity
- ⁵⁰ assortative
- ⁵¹ disassortative
- ⁵² barucci et al.
- ⁵³ Random Networks
- ⁵⁴ Finite mean and varinace
- ⁵⁵ hub
- ⁵⁶ Scale free Networks
- ⁵⁷ Barthelemy et al
- ⁵⁸ threshold
- ⁵⁹ Scale free networks
- ⁶⁰ Random Networks
- ⁶¹ Finite mean and varinace
- ⁶² hub
- ⁶³ Scale free Networks
- ⁶⁴ threshold
- ⁶⁵ Highly connected money centres

⁶⁶ Complete (clique)

⁶⁷ Core-periphery

⁶⁸ Zhou et al.