فصلنامهٔ پژوهش‌های پولی- بانکی
سال پانزدهم، شمارهٔ ۵۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۴۰۷-۴۳۵

لایه‌بندی بازار بین‌بانکی ریالی ایران با استفاده از رهیافت تحلیل شبکه

سیدمحمدهادی سلطان‌العلمائی [*]
اصغر ابوالحسنی هستیانی [†]
کامران ندری [‡]
محمدحسین پورکاظمی [§]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴

چکیده

با تغییر چهارچوب هدایت سیاست پولی از هدف‌گذاری کل‌های پولی به هدف‌گذاری نرخ‌های مرجع، نرخ بهرهٔ بازار بین‌بانکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اهداف عملیاتی بانک‌های مرکزی هدف‌گذاری می‌شود. شناسایی بازار بین‌بانکی از این جهت مهم است که سیاست‌گذار پولی می‌تواند با مداخلهٔ محدود، تأثیر گسترده‌تری در جهت نیل به اهداف خود بگذارد. با توجه به طی‌شدن مراحل اولیهٔ شکل‌گیری بازار بین‌بانکی و استقرار سازوکارهای عملیات بازار باز و مساعدت‌های آماده در بازار پول ایران، تحلیل شبکهٔ بازار بین‌بانکی با هدف شناسایی هستهٔ این بازار حائز اهمیت است، زیرا تراکم بیشتر روابط سپرده‌گذاری و سپرده‌پذیری و چرخش روان‌تر ذخایر مازاد در هستهٔ بازار، باعث می‌شود اثربخشی سیاست‌های پولی در بازار افزایش یابد. براین‌اساس با استفاده از ابزارهای نظریهٔ گراف و تحلیل شبکه با هدف شناسایی ساختار مرکز- پیرامون و به‌کارگیری الگوی معاملات انجام‌شده در مقاطع ماهانهٔ سال ۱۳۹۷، ساختار این بازار موردبررسی قرار گرفت. نتایج حاصله حکایت از آن دارد که بر این اساس، با توجه به ارتباطات مستقیم اعضا با یکدیگر و تغییرات متعدد اعضای هسته، تشخیص یک هسته با اعضای ثابت برای بازار دشوار است؛ لیکن می‌توان اعضایی را یافت که در ماه‌های بیشتری عضو هسته بوده‌اند و نقش محوری در بازار داشته‌اند. این امر، در کنار سایر معیارها مانند شاخص‌های سلامت و ثبات مالی، می‌تواند ملاک مناسبی را در تعیین معامله‌گران اولیه در عملیات پولی در اختیار بانک مرکزی قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: بازار بین‌بانکی، تحلیل شبکه، ساختار مرکز-پیرامون، نظریهٔ گراف.
طبقه‌بندی JEL: E42، E59، C02

---

[*] دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد مرکز تحصیلات تکمیلی دانشگاه پیام نور تهران (نویسندهٔ مسئول)، smhsoltan@gmail.com
[†] استاد گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، abolhasani@pnu.ac.ir
[‡] دانشیار دانشکدهٔ معارف اسلامی و اقتصاد، دانشگاه امام صادق(ع)، nadri@isu.ac.ir
[§] دانشیار گروه ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی، h_pourkazemi@yahoo.com.au

۱ مقدمه

بر پایهٔ تجارب به‌دست‌آمده از بحران‌های فراگیر اقتصادی طی قرن اخیر، به‌تدریج در نقش‌ها و وظایف بانک‌های مرکزی تغییرات بسیاری به‌وجود آمده است. بانک‌های مرکزی از طریق ایجاد ثبات پولی[1] و ثبات مالی[2] به‌دنبال فراهم‌کردن محیطی مناسب برای رشد بلندمدت و پایدار اقتصادی هستند. در این بین، ثبات پولی به مفهوم حفظ ارزش پول از طریق کنترل تورم داخلی یا نرخ برابری ارز و ثبات مالی به‌معنای ارتقای کارآمدی نظام مالی در تخصیص منابع و حفاظت در برابر عدم تعادل‌های مالی است. براین‌اساس، می‌توان ادعا کرد یک بانک مرکزی مدرن دارای پنج وظیفهٔ کلیدی به شرح زیر است تا بتواند اهداف فوق را محقق کند: انتشار پول، هدایت سیاست پولی، تسهیل نظام‌های پرداخت، وام‌دهندهٔ نهایی، و نظارت بانکی (در برخی از کشورها بانک‌های مرکزی وظیفهٔ نظارت را به‌صورت مستقیم بر عهده ندارند و این امر از طریق سازمان‌ها و نهادهای دیگری انجام می‌شود).

با توجه به اینکه نقش وام‌دهندهٔ نهایی می‌تواند منجر به گسترش کژمنشی در رفتار بانک‌های تجاری شود، بانک‌های مرکزی در تلاش‌اند شرایط را به‌گونه‌ای تنظیم کنند که بانک‌های تجاری در آخرین مرحله و پس از امتحان‌کردن سایر مسیرهای موجود برای تأمین‌مالی خود، به بانک مرکزی مراجعه کنند (مئنجاک، ۱۳۹۷). یکی از این مسیرها بازار بین‌بانکی است که در آن بانک‌ها، مؤسسات اعتباری، و سایر نهادهای مالی عضو بازار وجوه مازاد خود را عرضه و متقاضیان نیازهای کوتاه‌مدت خود را طی ترتیباتی از این وجوه تأمین می‌کنند.

در پی تسریع در روند ابداعات و ناپایداری سرعت گردش پول در کوتاه‌مدت، بانک‌های مرکزی برای دنبال‌کردن اهداف تورمی خود به‌جای تمرکز برکنترل عرضهٔ پول از طریق نظارت بر کل‌های پولی[3] (حجم پول[4] و پول در مفهوم وسیع[5]) به‌عنوان یک هدف عملیاتی، از سیاست‌های نرخ بهره استفاده کرده‌اند. براین‌اساس، هدایت و تنظیم (یا هدف‌گذاری) یک نرخ بهرهٔ کلیدی می‌بایست در دستور کار قرار گیرد که دارای دو ویژگی است: نخست آنکه در کنترل بانک مرکزی باشد و دیگر اینکه از طریق سازوکار اشاعهٔ پولی با تغییر آن، سایر

---

[1] Monetary Stability
[2] Financial Stability
[3] Monetary Aggregates
[4] Narrow Money (M1)
[5] Broad Money (M2, M3, …)

بخش‌های اقتصاد نیز متأثر شوند. بررسی تجربهٔ کشورهای مختلف دنیا حاکی از آن است که نرخ بهرهٔ بازار بین‌بانکی به‌عنوان نرخ بازار عمده‌فروشی گزینهٔ مناسبی برای تعیین به‌عنوان هدف عملیاتی بانک مرکزی است. چنانچه بانک‌های مرکزی بخواهند نرخ هدف خود را با مداخلهٔ حداقلی و تأثیرگذاری حداکثری با استفاده از ابزارهای سیاستی مانند عملیات بازار باز و تسهیلات قاعده‌مند محقق کنند، تحلیل ساختار بازار بین‌بانکی و شناخت اعضای مؤثر در این بازار می‌تواند راهگشا باشد. یکی از راهکارهایی که براساس راه‌حل‌های موجود در نظریهٔ گراف و مبحث تشخیص جامعه[1] در این زمینه معرفی شده است، طبقه‌بندی اعضای بازار به دو گروه هسته و پیرامون در قالب الگوهای مرکز-پیرامون[2] است. در این الگو، تأثیرگذاری بانک‌های عضو هسته در تعاملات بازار بیشتر بوده و لذا تغییر رفتار و شرایط آن‌ها می‌تواند تأثیر بیشتری در بازار به‌دنبال داشته باشد. چنانچه بانک مرکزی گروه هسته را به‌عنوان معامله‌گران اولیهٔ خود شناسایی کند، می‌تواند عملیات سیاست پولی خود را به‌منظور تنظیم حجم نقدینگی بازار بین‌بانکی و نرخ بهرهٔ این بازار با این اعضا راهبری نماید و با تزریق یا جذب میزان کمتری از ذخایر، اهداف سیاستی خود را محقق کند. در حقیقت، با توجه به درهم‌تنیدگی روابط سپرده‌پذیری و سپرده‌گذاری بانک‌های عضو هسته، انتشار واکنش سیاستی بانک مرکزی از طریق این گروه سریع‌تر از سایر موارد خواهد بود. لذا، بازخوانی ویژگی‌های توپولوژیکی و تحلیل شبکهٔ بازار بین‌بانکی در کنار شاخص‌های سلامت بانکی و نسبت‌های نقدپذیری، می‌تواند بانک مرکزی را در انتخاب معامله‌گران اولیهٔ خود در اجرای عملیات سیاست پولی هدایت کند. پیش از ورود به مبانی نظری و مرور مطالعات تجربی در این زمینه، لازم است مطالب مختصری در خصوص سیر تحول بازار بین‌بانکی ایران از ابتدا تاکنون ارائه شود که در بخش بعدی تشریح شده است.

۲ وضعیت بازار بین‌بانکی ایران

به اذعان مسئولان دولتی، سیاست‌گذاران و کارشناسان حوزهٔ پولی و بانکی، و صاحبان کسب‌وکار، نظام تأمین‌مالی ایران یک نظام بانک‌محور معرفی می‌شود؛ بدان‌معنا که بخش عمدهٔ تأمین‌مالی اقتصاد کشور از طریق نظام بانکی انجام می‌پذیرد. لذا، هرگونه تغییر و بهبودی که منجر به افزایش کارآمدی در نظام بانکی شود، آثار مثبتی در کل نظام اقتصادی کشور خواهد داشت. با توجه به سابقه اندک فعالیت بازار بین بانکی در کشور و نقش این بازار

---

[1] Community Detection

[2] Core Periphery Model

در هدایت سیاست پولی در ادبیات متعارف اقتصادی طی دو دهه اخیر، بررسی الزامات موردنیاز به منظور استفاده از نرخ‌های مرجع در عملیات سیاست پولی، راهکارهای افزایش کارآئی و تحلیل سازوکارهای حاکم بازار بین بانکی از اهمیت به‌سزائی برخوردار خواهد بود. بازار بین‌بانکی در ایران در تیر ۱۳۸۷ براساس سیاست‌های پولی کشور و مطابق با مادهٔ ۳۴ بستهٔ سیاستی ـ نظارتی نظام بانکی در این سال، برای انجام معاملات عمده بین بانک‌ها راه‌اندازی شد و براساس دستورالعمل اجرایی عملیات بازار بین‌بانکی ریالی (مصوبهٔ مورخ ۲۷/ ۱۰/ ۱۳۸۳ کمیسیون اعتباری بانک مرکزی) در سال ۱۳۸۷ به‌صورت رسمی فعالیت خود را آغاز کرد. در مادهٔ ۲ دستورالعمل مزبور هدف از راه‌اندازی بازار بین‌بانکی ریالی بهبود مدیریت نقدینگی مؤسسات عضو از طریق تسهیل جریان منابع ریالی بین اعضا و ایجاد بستری برای سیاست‌گذاری پولی ذکر شده است.

براساس مادهٔ ۴ دستورالعمل اجرایی بازار بین‌بانکی، بانک مرکزی به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ بازار، کلیهٔ امور مربوط به برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، هماهنگی، تدوین مقررات، نظارت، کنترل و تسویهٔ معاملات را بر عهده دارد. همچنین، در شرایط اضطراری که تشخیص آن صرفاً با بانک مرکزی است، می‌تواند نسبت به تعطیلی بازار، محدودکردن فعالیت عضو یا اعضا و یا اعمال مقررات خاص اقدام کند.

براساس مادهٔ ۵ دستورالعمل اجرایی بازار بین‌بانکی ریالی، معاملات مجاز بازار عبارت‌اند از: تودیع وجوه به‌صورت سپرده، خریدوفروش دین، معاملات اوراق مشارکت و گواهی سپرده و سایر معاملات با موافقت بانک مرکزی. بنابراین، دستورالعمل موجود با رویکرد توسعهٔ بازار با استفادهٔ حداکثری از ابزارهای مالی اسلامی مجاز در قانون عملیات بانکی بدون ربا به‌گونه‌ای تدوین شده است که علاوه بر معاملات مشخص، شامل سایر ابزارها ازجمله عقد جعاله در قالب «سایر معاملات با موافقت بانک مرکزی» نیز می‌باشد. باوجوداین، درحال حاضر با توجه به رویه‌های اجرایی و برخی محدودیت‌های موجود در خصوص سایر معاملات مجاز، تنها سپرده‌گیری و سپرده‌گذاری اعضا نزد یکدیگر با درنظرگرفتن مفاد این دستورالعمل به‌عنوان معاملات رسمی بازار بین‌بانکی ریالی تلقی می‌شود.[۱]

بررسی نسخه‌های مختلف دستورالعمل بازار بین‌بانکی در سال‌های فعالیت، حکایت از آن دارد که اساس معاملات این بازار به‌صورت دو به دو و غیرمتمرکز بوده و رویه‌ها بدین‌صورت تنظیم شده‌اند که پس از توافق طرفین هر معامله در خصوص مبلغ، نرخ، و سررسید، معامله برای تأیید و تسویه به بانک مرکزی ارسال و از طریق یک دستور پرداخت در سامانهٔ ساتنا

---

[۱] دستورالعمل اجرایی عملیات بازار بین‌بانکی، پایگاه اطلاع‌رسانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران

انجام می‌شود. همچنین، اعضای بازار همگی در یک سطح و بدون هیچ‌گونه رتبه‌بندی در بازار فعالیت می‌کنند و بانک مرکزی روابط خود را با اعضا در بازار براساس صلاحدید خود تنظیم و راهبری می‌نماید.

عملکرد بازار بین‌بانکی از شروع به‌کار تا سال ۱۴۰۰ در جدول ۱ خلاصه شده است. با توجه به روندهای قابل‌ملاحظه در این جدول، می‌توان ده‌سالهٔ منتهی به سال ۱۳۹۷ را دههٔ شکل‌گیری و تأسیس بازار بین‌بانکی نامید. این دوران با کمی وقفه هم‌زمان با گسترش و توسعهٔ نظام‌های پرداخت الکترونیکی و سامانه‌های متعدد مورداستفاده در این نظام است. لازم به توضیح است با گسترش نظام‌های پرداخت الکترونیک، تبادلات بین‌بانکی تسهیل شده و پیرو این امر خالص تبادلات انجام‌شده میان مشتریان می‌بایست بین بانک‌ها تسویه گردد. نتیجهٔ تسویهٔ این مبادلات می‌بایست در سامانهٔ تسویهٔ ناخالص آنی (ساتنا) بین بانک ردوبدل شود و ویژگی دستور پرداخت‌های این سامانه نیز ناخالص، بلادرنگ، و بدون برگشت‌بودن است؛ لذا بانک بدهکار می‌بایست وجه موردنظر را در حساب خود موجود داشته باشد. بنابراین، گسترش سامانهٔ ساتنا و سامانه‌هایی که پرداخت‌های بین‌بانکی را تسریع و تسهیل می‌کنند، نیاز بانک‌ها به ذخایر مازاد را افزایش می‌دهد.

جدول ۱

وضعیت عملکرد بازار بین‌بانکی در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ (هزار میلیارد ریال-درصد)

	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
اعضای فعال	۱۵	۲۱	۲۴	۲۳	۲۶	۲۷	۳۱	۳۲	۳۰	۳۱	۳۱	۳۱	۲۹
تعداد معاملات	۲۱۰	۱۲۵	۳۵۴	۲۱۰	۵۸۸	۱۷,۳۴	۲۲,۹۷	۳۱,۴۰	۳۸,۱۰	۴۰,۶۶۳	۴۰,۳۴۱	۲۹,۵۲۲	۳۱,۹۵۴
ارزش معاملات	۱۲۰	۴۳۵	۱۴۰	۱۲۱	۳۱۰	۱۱,۲۹	۲۱,۷۱	۳۰,۹۵	۶۴,۰۵	۱۰۷,۱۵	۱۸۶,۸۸	۲۲۶,۳۵	۲۰۵,۲۲
نرخ سود	۱۵/۶	۱۴/۴	۱۸/۴	۲۱/۶	۲۳/۲	۲۷/۱	۲۴/۵	۱۸/۶	۱۸/۷	۱۹/۷	۱۸/۹	۱۷/۵	۱۹/۶
متوسط تعداد روزانهٔ معاملات			۱۲	۷	۲۰	۶۰	۷۹	۱۰۹	۱۳۱	۱۴۰	۱۴۰	۱۰۱	۱۱۳
متوسط ارزش روزانهٔ معاملات	۰/۴	۱/۵	۴/۹	۴/۲	۱۰/۷	۳۸/۸	۷۴/۶	۱۰۷/۱	۲۲۰/۱	۳۶۹/۵	۶۴۶/۷	۷۷۷/۹	۷۲۲/۶
متوسط ارزش هر معامله	۰/۶	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۱/۰	۱/۷	۲/۶	۴/۶	۷/۷	۶/۴
نسبت ارزش معاملات به نقدینگی	۵/۱	۱۴/۸	۳۹/۵	۲۶/۳	۴۸/۶	۱۴۴/۴	۲۱۳/۵	۲۴۷/۰	۴۱۸/۷	۵۶۹/۱	۷۵۶/۰	۶۵۱/۲	۴۲۴/۷

همان‌گونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود تا سال ۱۳۹۵، تقریباً همهٔ بانک‌ها و مؤسسات اعتباری به عضویت بازار بین‌بانکی درآمده‌اند. روند تغییرات نرخ سود در این دوره شدید بوده و بیشترین نرخ سود موزون سالانه مربوط به سال ۱۳۹۳ است. متوسط تعداد روزانهٔ معاملات از کمتر از یک معامله در سال ۱۳۸۸ به بیش از ۱۳۰ معاملهٔ روزانه در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ رسید. رشد سالانهٔ متوسط ارزش روزانهٔ معاملات در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ به‌طور میانگین بیش از ۱۳۳ درصد بوده است که نشان از ارتقای نقش و جایگاه بازار بین‌بانکی در تأمین‌مالی کوتاه‌مدت بانک‌ها دارد. البته، ممکن است این سؤال برای خواننده ایجاد شود که با توجه به رشد نقدینگی، رشد متغیرهای یادشده محتمل بوده است، که در بررسی روند نسبت ارزش معاملات به نقدینگی این امر قابل‌رصد و پایش است. روند فزایندهٔ نسبت معاملات انجام‌شده در یک سال به نقدینگی بیانگر رشد سریع‌تر معاملات بازار نسبت به رشد

نقدینگی است. در دو سال پایانی این دوره، نقش بازار بین‌بانکی به‌خوبی در تأمین‌مالی کوتاه‌مدت بانک‌ها تثبیت شده و عملیات بازار سهم قابل‌قبولی را در تأمین ذخایر موردنیاز بانک‌ها به خود اختصاص داده بود.

در اواسط سال ۱۳۹۸ به پیشنهاد رئیس‌کل وقت بانک مرکزی، فراهم‌ساختن مقدمات لازم به‌منظور راه‌اندازی و به‌کارگیری عملیات بازار باز در دستور کار این بانک قرار گرفت. براین‌اساس، لازم بود تا تمهیداتی به‌منظور سامان‌دهی رابطهٔ بانک‌ها با بانک مرکزی انجام پذیرد که این موارد پس از مصوبهٔ شورای عالی هماهنگی اقتصادی (سران سه قوه) برای به‌کارگیری عملیات بازار باز در مهر ۱۳۹۷، در قالب دستورالعمل عملیات بازار باز و اعطای اعتبار در قبال اخذ وثیقه تنظیم و در تاریخ ۱۳۹۸/۱/۲۷ به تصویب شورای پول و اعتبار رسید. براساس مادهٔ ۲ این دستورالعمل، بانک مرکزی نرخ سود هدف، دامنهٔ نرخ، و میزان انحراف قابل‌قبول در معاملات بازار بین‌بانکی را تعریف می‌کند و پس از تصویب هیئت عامل بانک به‌صورت ماهانه موردبررسی قرار می‌دهد. دامنهٔ نرخ سود هدف شامل کف و سقف دالان نرخ سود در بازار بین‌بانکی است. به‌علاوه با تصویب این دستورالعمل، مقرر شد اعطای اعتبار به بانک‌ها و مؤسسات اعتباری براساس اخذ وثایق مندرج در دستورالعمل (اوراق بهادار، طلا و ارز) در نرخ سود سقف دامنهٔ تعیین‌شده صورت پذیرد و به‌جز در مواردی خاص، پرداخت اعتبار به بانک‌ها بدون وثیقه ممنوع شد. برای اجرای این دستورالعمل، لازم بود تغییراتی در مقررات عملیات بازار بین‌بانکی صورت‌پذیرد و نیز ابزارهای جدیدی برای راهبری نرخ سود در بازار تدوین شود که مهم‌ترین آن‌ها عملیات توافق بازخرید و توافق بازخرید معکوس بود. قراردادهای لازم به‌منظور سپرده‌گیری از بانک‌ها در نرخ کف دالان، اعطای اعتبار به بانک‌ها در قبال اخذ وثیقه در سقف دالان، و همچنین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و ارتباطی لازم با سازمان بورس اوراق بهادار، فرابورس و شرکت سپرده‌گذاری مرکزی به‌منظور تبادل اطلاعات اوراق بهادار موجود در پورتفوی بانک‌ها از دیگر اقدامات ضروری بود که در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ انجام پذیرفت. مشاهده می‌شود که از این تاریخ به بعد نقش بازار بین‌بانکی در هدایت سیاست پولی و عملیات بانک مرکزی اهمیت بیشتری یافته و در روند تغییر ریل سیاست‌گذاری پولی، این بازار نقش پررنگ‌تری بر عهده دارد.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود از سال ۱۳۹۷ به بعد، تعداد اعضای فعال بازار ثابت بوده و نتیجهٔ فعالیت آن‌ها به‌طور متوسط منجر به تأمین‌مالی بانک‌ها به میزان ۶۴۷ هزار میلیارد ریال در روز شده است. اگرچه تعداد معاملات در سال ۱۳۹۹ (اغلب به‌دلیل رشد مبلغ هر معامله) کاهش داشته است، روند ارزش معاملات در این سه سال کماکان صعودی بوده است. در سال ۱۴۰۰ با توجه به رشد بالاتر نقدینگی، نسبت رشد معاملات بازار بین‌بانکی

از میزان نسبت معاملات بازار به نقدینگی کاسته شد؛ لیکن بازار بین‌بانکی کماکان نقش انکارناپذیری در تأمین‌مالی کوتاه‌مدت بانک‌ها و مؤسسات اعتباری ایفا کرد. نکتهٔ دیگر آن است که با توجه به کاهش نوسانات نرخ سود و فاصلهٔ نرخ بازار تا نرخ وجه‌التزام ۳۴ درصدی اضافه‌برداشت، بانک‌ها اقبال بیشتری نسبت به تأمین‌مالی از بازار بین‌بانکی در وهلهٔ اول و استفاده از تسهیلات قاعده‌مند با نرخ سقف کریدور در مرحلهٔ بعد نشان داده‌اند.[۱]

همان‌گونه که در مادهٔ ۲ دستورالعمل اجرایی بازار بین‌بانکی نیز تأکید شده است، هدف اصلی از تشکیل بازار تسهیل جریان منابع ریالی کوتاه‌مدت بین اعضا در جهت مدیریت کارآمد نقدینگی بوده است و موضوع تعیین و راهبری نرخ سود به‌عنوان اولویت اصلی بازار بین‌بانکی مطرح نبوده است. لذا، هدایت سازوکار تعیین نرخ سود بانکی به این بازار مستلزم وجود پیش‌نیازهایی است که از آن جمله می‌توان به شناسایی ساختار شبکهٔ بازار بین‌بانکی اشاره کرد. چنانچه بازار از یک ساختار سلسله‌مراتبی مرکز ـ پیرامون[۲] تبعیت کند، بانک‌های عضو هستهٔ مرکزی می‌توانند به‌عنوان لایهٔ اصلی شناسایی شوند و بانک مرکزی با رصد وضعیت نقدینگی این بانک‌ها در زمان بسیار کوتاه‌مدت (روزانه)، نیاز نقدینگی بازار را پیش‌بینی و سیاست پولی خود را تنظیم کند. بنابراین، شناخت بازار با هدف ایجاد یک نظام لایه‌بندی در بازار بین‌بانکی و تعیین بانک‌های عضو هستهٔ این بازار، به‌عنوان هدف اصلی این مطالعه مدنظر است. بدین‌منظور پس از مطالعهٔ ادبیات نظری و مرور نتایج تجربی حاصل‌شده در موضوع تحلیل شبکه‌های بین‌بانکی، مبانی نظری مدل مورداستفاده در این مقاله تشریح شده است. در بخش بعد، ضمن مرور ویژگی‌های توپولوژیکی و ارائهٔ برخی ویژگی‌های ساختاری شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران، نتایج حاصل از خروجی محاسبات انجام‌شده و تطبیق آن با شرایط ساختاری بررسی شده است. در بخش پایانی براساس سناریوهای در نظر گرفته‌شده، نتایج به‌دست‌آمده جهت استفادهٔ سیاست‌گذار جمع‌بندی و ارائه شده است.

۳ ادبیات موضوع و مطالعات تجربی

در نظام‌های مالی نوین، بازارهای بین‌بانکی حداقل دو نقش حیاتی ایفا می‌کنند: اولین و مهم‌ترین نقش آن‌ها مداخلهٔ فعالانه و مؤثر بانک مرکزی در اجرای سیاست پولی از طریق

---

[۱] ارقام با استناد به گزارش‌های عملکرد بازار بین‌بانکی ریالی و گزیدهٔ آمارهای اقتصادی مندرج در پایگاه اطلاع‌رسانی بانک مرکزی ج.ا.ا. محاسبه و ارائه شده است.

[2] Core-periphery Structure

راهبری نرخ‌های بهرهٔ هدف[1] است. وجود شبکه‌های بانکی در این بازار در واکنش بانک‌ها در مواجهه با سیاست پولی و آثار آن در سازوکار انتقال پولی اثرگذار است (ارمان و ورمز[2]،۲۰۰۴). براین‌اساس، تبادلات بین‌بانکی در شبکه‌های به‌وجودآمده به بانک‌های کوچک اجازه می‌دهد وجوهی را در دسترس داشته باشند که به آن‌ها کمک می‌کند پورتفوی دارایی‌های خود را (در مقایسه با مؤسساتی که عضو این شبکه‌ها نیستند) در مقابل انواع ریسک‌ها، به‌ویژه ریسک نقدینگی، بدون تأثیر کنند.

نقش کلیدی دیگر بازارهای بین‌بانکی کارا این‌گونه تبیین می‌شود که نقدینگی را به‌شکل مطلوبی از مؤسسات مالی دارای مازاد وجوه به مؤسسات دارای کسری وجوه انتقال می‌دهند و توزیع مجدد موجودی نقدی را که در ابتدا توسط بانک مرکزی عرضه شده است، تسهیل می‌کنند. یک دلیل برای این توزیع مجدد رفع عدم تعادل‌های نقدینگی روزانهٔ پیش‌بینی‌شده یا غیرقابل پیش‌بینی است که معمولاً در ساعات پایانی هر روز کاری و در هنگام تسویهٔ نتیجهٔ مبادلات در نظام‌های پرداخت (الکترونیکی یا کاغذی) ایجاد شده و با تأمین موجودی نقدی با سررسیدهای بسیار کوتاه‌مدت مثلاً یک‌شبه برطرف می‌شود. به‌علاوه، یکی دیگر از دلایل توزیع مجدد نقدینگی، ناهمگنی بخش بانکی است که ناشی از تفاوت هزینه‌های بانک‌ها در تأمین وجوه از بانک مرکزی خواهد بود. در چنین فضایی، برخی بانک‌ها براساس مدل کسب‌وکار خود و با انگیزهٔ واسطه‌گری و کسب سود بیشتر در بازار فعالیت می‌کنند.

در حالت کلی، بازارهای بین‌بانکی ضمن ایجاد زمینهٔ لازم برای مدیریت، مشارکت، و بازتوزیع ذخایر بانک‌ها، ارائهٔ تسهیلات قرض‌دهی و قرض‌گیری بسیار کوتاه‌مدت را به‌صورت کاراتری فراهم می‌کنند. تبادلات بین‌بانکی در بسیاری از کشورهای درحال پیشرفت و اقتصادهای نوظهور معمولاً آنقدر محدود است که برای پوشش کامل سیاست پولی براساس عملیات بازار باز کفایت نمی‌کند. از سوی دیگر، به‌علت عدم انتشار عمومی داده‌های بازار بین‌بانکی، تحقیقات محدودی در این زمینه انجام شده است. بااین‌حال، حجم قابل‌توجهی از مطالعات انجام‌شده در مورد بازارهای بین‌بانکی پس از بحران مالی سال ۲۰۰۷ـ۲۰۰۸ انجام شده است. بازار یک‌شبه، به‌عنوان مهم‌ترین بازار بین‌بانکی، نقش کلیدی در نظام‌های پولی یک کشور دارد و به‌عنوان شیر اطمینان بانک‌ها در حوزهٔ نظام‌های پرداخت نیز عمل می‌کند. بانک‌هایی که در پایان روز در موقعیت کوتاه بازار (بدهکار) هستند، می‌بایست کسری خود را از بانک مرکزی یا بازار بین‌بانکی یا ترکیبی از هردو روش تأمین کنند. بانک‌های دارای

---

[1] Target Rate

[2] Ehrmann & Worms

ذخایر اضافی نقدی، در پایان روز خروجی‌هایی دارند که این ذخایر را به دیگر بانک‌ها قرض می‌دهند. استقراض از بانک مرکزی به‌عنوان آخرین قرض‌دهنده[1] نسبت به استقراض از دیگر بانک‌ها جرایمی مانند نرخ بهرهٔ بالاتر از بازار یا هزینه‌های اضافی غیربهره‌ای یا ترکیبی از هر دو را به‌همراه دارد. بنابراین، استقراض از بازار یک‌شبه به‌عنوان منبع قرض‌دهندهٔ یکی مانده به آخر منطقی به‌نظر می‌رسد. برای هریک از بانک‌ها، کسری یا مازاد وجوه نقد یک‌شبه یا از توزیع تکانه‌های موقت نقدینگی میان دو بانک پدید می‌آید، یا از تکانه‌هایی که کل بانک‌ها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بازار یک‌شبه برای بانک‌ها بیمه‌ای فراهم می‌کند که آن‌ها را قادر می‌سازد تا با استفاده از موجودی نقدی جمع‌شده، تسویهٔ تراکنش‌های بزرگ و غیرمنتظره‌ای که نتیجهٔ تکانه‌های توزیعی است، بدون نگهداری حجم زیادی از مانده نقدی، حل‌وفصل و مدیریت کنند؛ اما تکانه‌های عمومی تنها با ایفای نقش بانک مرکزی قابل‌پوشش هستند.

در سال‌های اخیر، تمرکز نهاد ناظر بانکی ــ همانند ادبیات بانکداری ــ از تحلیل رفتار تک‌تک بانک‌ها به رویکردی نظام‌مند در زمینهٔ تحلیل ساختار بازار تغییر کرده است. تحقیقات مرتبط با شبکه اخیراً در رشته‌های مختلف علمی افزایش چشمگیری داشته و به‌تبع آن ادبیاتی که بازار بین‌بانکی را به‌صورت شبکه‌ای بررسی کرده نیز از اقبال مناسبی برخوردار بوده است. نخستین کارکرد استفاده از نظریهٔ شبکه[2] در نظام بانکی متمرکزشدن بر سنجه‌هایی است که در علوم طبیعی ویژگی‌های توپولوژیکی شبکه‌های بانکی را توضیح می‌دهند که با هدف تعیین مقاومت‌پذیری یا آسیب‌پذیری این شبکه‌ها در مقابل تکانه‌ها به‌کار می‌رود؛ به‌عنوان نمونه، می‌توان به مطالعهٔ ایناوکا و همکارانش[3] (۲۰۰۴) بازار بین‌بانکی ژاپن؛ باس و همکارانش[4] (۲۰۰۴) برای بخش بانکی اتریش؛ سوراماکی و همکارانش[5] (۲۰۰۷) برای شبکهٔ پرداخت فدوایر[6] امریکا؛ و دی‌ماسی و همکارانش[7] (۲۰۰۶) و یری[8] (۲۰۰۸) برای بازار بین‌بانکی ایتالیا اشاره کرد. برجسته‌ترین یافته‌های این مطالعات به شرح زیر است:

---

[1] Lender of Last Resort
[2] Network Theory
[3] Inaoka et al.
[4] Boss et al.
[5] Soramäki et al.
[6] Fedwire
[7] De Masi et al.
[8] Iori et al.

۱. توزیع درجات (درجهٔ ورودی و درجهٔ خروجی)[1] با استفاده از یک توزیع چولهٔ راست مشخص شده است. البته، برخی از مطالعات حاکی از آن است که توزیع درجات از یک توزیع توانی (Power-law) تبعیت می‌کند که مبین ویژگی مستقل از مقیاس‌بودن[2] توپولوژی شبکه است.
۲. تراکم شبکه[3] در اغلب موارد کم است.
۳. با توجه به درجاتی که در بند اول موردبررسی قرار گرفت، شبکه‌ها درهم‌تنیدگی ضعیفی را نشان می‌دهند.
۴. مسیر کوتاه‌ترین میانگین[4] معمولاً خیلی کوچک است که بیانگر وجود یک ساختار دنیای کوچک[5] است.

تحقیقات اخیر، مانند کریگ و فان‌پیتر[6] (۲۰۱۴) و فریک و لاکس[7] (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که شبکهٔ تبادلات بین‌بانکی براساس رصد تراکنش‌های انجام شده برای هر دو کشور آلمان و ایتالیا، به صورت یک الگوی هسته‌ـ پیرامون شکل گرفته است. فریک و لاکس با استفاده از داده‌های مربوط به بازه زمانی ژانویهٔ ۱۹۹۹ تا دسامبر ۲۰۱۲ و به‌منظور بررسی و تحلیل ساختار سلسله‌مراتبی نظام بانکی ایتالیا، نسخه‌های مختلفی از مدل‌های مرکزـ پیرامون را برآورد کردند. مهم‌ترین یافته‌های تحقیق آن‌ها بدین شرح است:

۱. بانک‌هایی که به‌مثابه هسته شناخته می‌شوند، در دورهٔ موردبررسی، از نظر اندازه و سایر ویژگی‌های ساختاری تقریباً باثبات بوده‌اند.
۲. در دورهٔ مورد بررسی، موقعیت شناخته‌شدهٔ بانک به‌عنوان هسته (مرکز) یا پیرامون تداوم داشته است.
۳. نامتقارن‌بودن فعالیت قرض‌دهی و قرض‌گیری بانک‌های عضو هسته (بانک‌های هسته هر دو فعالیت قرض‌دهی و قرض‌گیری را انجام نمی‌دهند)، به‌صورت قابل‌توجهی برازش الگوی مرکزـ پیرامون بر داده‌های بازار بین‌بانکی ایتالیا را بهبود می‌بخشد.

---

[1] In-Degree and Out-degree
[2] Scale-free
[3] The Density of Network
[4] The Average Shortest Path
[5] Small World Structure
[6] Craig & Von Peter
[7] Fricke & Lux

۴. آن‌ها نشان دادند که ساختار مرکز پیرامون را نمی‌توان از طریق شبکه‌های تصادفی به‌طور غیرمستقیم به‌دست آورد.
۵. نهادهای ناظر بازار باید از این واقعیت آگاه باشند که یک بانک که بخشی از هسته است می‌تواند نقش کاملاً متفاوتی در مقایسه با بانکی که خارج از هسته است، در سیستم داشته باشد.

در خلال بحران مالی ۲۰۰۷ـ۲۰۰۸، فعالیت قرض‌دهی بازار بین‌بانکی عمدتاً به‌علت کاهش تعداد ارتباط خروجی‌های فعال اعضای عضو هستهٔ بازار دچار کاهش شد. طبق مطالعهٔ گریک و فان پیتر (۲۰۱۴) در خصوص شبکهٔ بازار بین‌بانکی کشور آلمان، ساختاری مشاهده شد که در آن برخی بانک‌ها میان بانک‌هایی که اعتبارات خود را در اختیار یکدیگر نمی‌گذارند، واسطه‌گری انجام می‌دهند. این ساختار در قالب یک الگوی هسته‌ـ پیرامون[1] بیان شده و به‌دنبال آن است که برای برازش مدل مزبور (با هدف تعیین بانک‌های عضو مرکز) به مشاهدات دنیای واقعی رویه‌ای اتخاذ کند. در این دیدگاه، لازم است بانک‌های عضو هسته در خلال ایفای نقش واسطه‌ای خود، به‌عنوان حلقهٔ اتصال بانک‌های موجود در پیرامون نیز عمل کنند. این رویکرد، فارغ از ویژگی‌های توپولوژیکی شبکه، مفهوم واسطه‌گری را براساس یک مفهوم اقتصادی واضح ارائه می‌کند. در این مدل، یک واسطه‌گر به بانکی اطلاق می‌شود که به‌عنوان قرض‌دهنده یا قرض‌گیرنده در بازار فعالیت کند. آن‌ها براساس داده‌های فصلی مربوط به سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۲، شواهد محکمی در ساختار لایه‌لایهٔ بازار بین‌بانکی آلمان یافتند؛ به‌گونه‌ای‌که از میان بیش از ۲۰۰۰ عضو اسمی بازار، حدود ۴۵ بانک در هستهٔ این بازار بوده و مابقی به‌عنوان قرض‌دهنده، قرض‌گیرنده، یا هر دو در گروه پیرامونی قرار داشتند.

ایدهٔ اصلی این ساختار مبیّن آن است که در بازار، تعدادی بانک به‌عنوان مرکز پولی به‌شدت به یکدیگر متصل هستند و به‌عنوان واسطهٔ مالی میان بانک‌های در حاشیه عمل می‌کنند. در واقع، این بانک‌ها با توجه به ویژگی‌های توپولوژی شبکهٔ اعتبارات بین‌بانکی، به‌طور فعال در شکل‌دهی این ساختار مشارکت دارند.

یافتهٔ مهم دیگر در ادبیات اقتصادسنجی در اعتبارات بین‌بانکی، مفهوم «بانکداری رابطه‌ای»[2] است که در آن بانک‌ها برای تداوم روابط اعتباری با دیگر بانک‌ها، ترجیحاتی ورای خرید با بهترین قیمت (که در اینجا نرخ بهره است) خواهند داشت و از تغییر متناوب طرف‌های قرض‌گیرنده و قرض‌دهندهٔ خود پرهیز می‌کنند. پایداری بالای ارتباطات اعتباری

---

[1] Core- periphery Model
[2] Relationship Banking

در داده‌های موجود این فرضیه را مطرح می‌کند و ممکن است منطقش از آنجا ناشی شود که ایجاد روابط پایدار و قابل‌اعتماد در زمان‌های نیاز به نقدینگی، می‌تواند باارزش باشد. وام‌های ترجیحی با نرخ‌های ترجیحی ممکن است پاداشی برای یک رابطهٔ قابل‌اعتماد و باثبات تلقی شود. کوکو و همکارانش[1] (۲۰۰۹) و آفینیتو[2] (۲۰۱۲) شواهدی را برای چنین رفتارهای وام‌دهی که براثر روابط مستمر مدیریت شده‌اند، ارائه داده‌اند. آفینیتو در مقالهٔ خود با استفاده از داده‌های ماهانهٔ ۱۱ سال بازار بین‌بانکی ایتالیا (در فاصلهٔ ژوئن ۱۹۹۸ تا آوریل ۲۰۰۹)، کوشید همبستگی حجم مبادلات متقابل و ویژگی‌های ذاتی هریک از فعالان بازار بین‌بانکی را (چه به‌عنوان قرض‌دهنده و چه به‌عنوان وام‌گیرنده) با لیستی از متغیرهای توضیحی در دو گروه رگرسورهای طرف قرض‌دهنده و رگرسورهای طرف قرض‌گیرنده[3] مورد مطالعه قرار دهد. نتایج مطالعهٔ وی نشان می‌دهد که روابط باثباتی میان بانک‌های عضو بازار وجود دارد که در طول زمان پایدار بوده و در خلال بحران مالی ۲۰۰۷ـ۲۰۰۸ به‌خوبی عمل کرده است؛ به‌گونه‌ای‌که بانک‌های سالم در عرضهٔ وجوه و بانک‌های مشکل‌دار در تأمین وجوه موردنیاز، خود را توانمند کرده‌اند. بدین‌منظور، وی از یک مدل سه‌مرحله‌ای استفاده کرد که در مرحلهٔ اول ثبات در طول زمان و در مرحلهٔ دوم قدرت کمّی روابط مشتریان در این بازار موردبررسی قرارگرفته است؛ اگرچه دو مفهوم ثبات روابط و قدرت روابط در هر دو مرحله ممزوج هستند. در مرحلهٔ سوم نیز وی به بازخوانی آنچه در طول بحران مالی رخ داد، پرداخته است. از نظر وی، روابط بین مشتریان بازار بین‌بانکی می‌تواند یکی از دلایلی باشد که توضیح می‌دهد چرا در خلال بحران مالی ۲۰۰۷ـ۲۰۰۸ در ایتالیا، اعتماد متقابل بانک‌ها از دست نرفته و حجم تبادل ذخایر داخلی بین‌گروهیِ بانک‌ها کاهش نیافته است. خلاصهٔ یافته‌های این مطالعه را می‌توان بدین شرح برشمرد: ۱ـ روابط بین‌بانکی شبکه‌ای در بازار بین‌بانکی ایتالیا وجود دارد و باثبات است. ۲ـ قرض‌دهندگان و قرض‌گیرندگان در این بازار دارای ویژگی‌های قابل‌تعریفی هستند. ۳ـ در زمان شرایط باثبات مالی، بانک‌ها براساس عوامل و شاخص‌های قابل‌مشاهده و آزمون‌پذیر، طرف‌های خود را انتخاب می‌کنند و از نتایج نهادهای رتبه‌بندی به‌عنوان ابزاری برای این انتخاب استفاده می‌کنند. ۴ـ پس از وقوع بحران، ویژگی‌های اعلام‌شده و سطح[4]

---

[1] Cocco et al.

[2] Affinito

[3] مانند اندازهٔ بانک (لگاریتم کل دارایی)، نسبت سرمایه به کل دارایی، نسبت وام‌های بد به کل دارایی، ساختار درآمدی بانک، فعالیت‌های بانک خارج از بازار پول (حجم نگهداری انواع اوراق قرضهٔ غیربانکی) و...

[4] Presence and Level

رتبه‌بندی‌ها کم‌اهمیت می‌شوند و به‌نظر می‌رسد بانک‌های قرض‌گیرنده براساس روابط از پیش تعیین‌شده، شرکای خود را انتخاب می‌کنند.

۴ مبانی نظری مدل

در ادبیات نظری، مدل‌های متنوعی برای شناسایی ساختار شبکه معرفی شده است، لیکن به‌دلیل برخی ویژگی‌های گراف بازار بین‌بانکی ایران، که در بخش بعد تشریح خواهد شد، در این مطالعه از یک مدل مرکز پیرامون ساده و فارغ از پیچیدگی‌های زیاد استفاده شده است. در این مدل، فرض بر آن است که اعضای بازار بین‌بانکی از n,…,2,1 شماره‌گذاری شده‌اند و با یکدیگر در تعامل هستند. ایدهٔ اصلی این مدل آن است که بتوان اعضای بازار را به دو زیرمجموعه به‌گونه‌ای تقسیم کرد که اعضای یک گروه ارتباطات متراکم و به‌هم‌پیوسته‌ای داشته باشند که به آن هسته اطلاق می‌شود و در مجموعهٔ دیگر که لایهٔ پیرامونی نامیده می‌شود، حداقل ارتباط وجود داشته باشد. الگوریتم‌های مختلفی برای یافتن ترکیب بهینه یا ترکیبی نزدیک به بهینه از میان زیرمجموعه‌های متصور به‌عنوان مرکز و پیرامون پیشنهاد شده است. ساده‌ترین رویکرد آن است که کل مجموعه‌های معرفی‌شده به‌عنوان هسته به‌صورت تک‌به‌تک بررسی و یکی انتخاب شود. اگرچه این روش با افزایش تعداد اعضای شبکه زمان‌بر و مشکل خواهد شد، با توسل به روش‌های اکتشافی و واردکردن فرض‌هایی در خصوص تقارن و عدم تقارن شبکه، می‌توان به راه‌حل‌هایی سریع دست‌یافت که برای شبکه‌های بزرگ نیز قابل‌تعمیم است.

برای فرمول‌بندی مسئله، فرض می‌شود که تبادلات n عضو شماره‌گذاری‌شدهٔ شبکه در یک ماتریس مربعی A_{ij} به‌گونه‌ای تعریف شود که به‌ازای هر دو عضو i و j، درایه $a_{ij} = 1$ خواهد بود اگر عضو iام و عضو jام با هم ارتباط داشته باشند؛ در غیر این‌صورت $a_{ij} = 0$ خواهد بود. با فرض تقارن شبکهٔ بازار خواهیم داشت: $A_{ij} = A_{ji}$

مجموعهٔ S را می‌توان به‌گونه‌ای تعریف کرد که $S = \{1,2,\dots,n\}$. هدف یافتن زیرمجموعهٔ غیرتهی از مجموعهٔ S به نام هسته (مرکز) است؛ به‌گونه‌ای‌که $S_1 \subset S$ باشد و مقدار تابع زیر حداقل شود:

$$Z(S_1) = \sum_{(i<j)\in S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=0\}} + \sum_{(i<j)\notin S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} \qquad (۱)$$

که در آن عملگر $\mathbb{I}$ در صورت تحقق شرط ذیل آن به‌عنوان شمارندهٔ یک واحد اضافه می‌کند. به بیان دیگر، رابطهٔ فوق بیان می‌دارد که تابع خطا شامل تعداد صفرهای موجود در یک نیم‌بلوک ماتریس هسته (با توجه به فرض تقارن) و تعداد یک‌های موجود در نیم‌بلوک ماتریس

پیرامونی است. ایدهٔ شهودی این مسئله بدین‌صورت است که تعداد پیوندهای درون هسته حداکثر و تعداد پیوندهای میان بازیگران موجود در لایهٔ پیرامونی حداقل شوند. در یک حالت ایده‌آل، هر جفت بازیگر درون هسته با یکدیگر پیوند دارند و هیچ جفت از بازیگران پیرامونی با یکدیگر ارتباطی ندارند. باید توجه داشت که پیوندهای بین هسته و پیرامون در رابطهٔ $Z(S_1)$ ظاهر نمی‌شوند که این امر با هدف بوید، فتیزجرالد و بک[1] (۲۰۰۶) برای یافتن بلوک‌بندی که هم‌زمان تعداد پیوندهای درون هسته را حداکثر و تعداد پیوندهای خارج از هسته را حداقل می‌کند، سازگار است؛ همان‌گونه که لیپ[2] (۲۰۱۷) در مقالهٔ خود الگوریتم ساده‌ای را برای حل این مسئله پیشنهاد کرده است. برای استفاده از این روش، ابتدا لازم است به دو تعریف زیر توجه شود:

درجهٔ گره i: تعداد ارتباطات ایجادشده با گره i است که به‌صورت deg(i) نشان داده می‌شود.

$$deg(i) = \sum_{j \in S} a_{ij}$$

برای هر گره مفروض i زیرمجموعهٔ $T \subseteq S$، عبارت $\delta_T(i)$ نشان‌دهندهٔ تعداد ارتباطات گره i با اعضای مجموعهٔ T است. $\delta_T(i) = \sum_{j \in T} a_{ij}$

برای حالتی از مسئله که در آن تعداد اعضای هسته عدد ثابتی مانند k $(1 \leq k < n)$ باشد، می‌توان ادعا کرد که تعداد زوج‌های متمایز در هسته برابر است با $\frac{k(k-1)}{2}$. لذا، این تعداد زوج در S_1 به‌صورت بالقوه می‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین، می‌توان نوشت:

$$\sum_{(i<j) \in S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=0\}} + \sum_{(i<j) \notin S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \frac{k(k-1)}{2} \qquad (۲)$$

علاوه‌براین تعداد گره‌های مرتبط با هر گره $i \notin S_1$ در مجموعهٔ پیرامونی برابر است با درجهٔ ساده گره i منهای تعداد گره‌های مرتبط با i که در مجموعهٔ S_1 هستند. بنابراین، می‌توان نوشت:

$$\sum_{(i<j) \notin S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \frac{1}{2} \sum_{(i \neq j) \notin S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \frac{1}{2} \sum_{i \notin S_1} [\deg(i) - \delta_{S_1}(i)] \qquad (۳)$$

با استفاده از رابطهٔ (۲)، می‌توان تابع $z(S_1)$ را به‌صورت زیر بازنویسی کرد:

---

[1] Boyd, Fitzgerald, & Beck

[2] Lip

$$Z(S_1) = \sum_{(i<j)\in S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=0\}} + \sum_{(i<j)\notin S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \frac{k(k-1)}{2} - \sum_{(i<j)\in S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=0\}} + \sum_{(i<j)\notin S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} \quad (۴)$$

حال، با استفاده از رابطه‌های (۳) و (۴)، تابع $Z(S_1)$ به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Z(S_1) = \left(\frac{1}{2}\sum_{i\in S} \deg(i) + \frac{k(k-1)}{2}\right) - \frac{1}{2}\left(\sum_{i\in S_1} \deg(i) + \sum_{i\in S} \delta_{S_1}(i)\right) \quad (۵)$$

با استفاده از تعریف $\delta_T(i)$، می‌توان نوشت:

$$\sum_{i\in S} \delta_{S_1}(i) = \sum_{i\in S}\sum_{j\in S_1} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \sum_{j\in S_1}\sum_{i\in S} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \sum_{j\in S_1} \deg(j) \quad (۶)$$

با استفاده از رابطهٔ (۵) و (۶) شکل ساده‌شدهٔ تابع $z(S_1)$ به‌شکل زیر خواهد بود:

$$Z(S_1) = \left(\frac{1}{2}\sum_{i\in S} \deg(i) + \frac{k(k-1)}{2}\right) - \sum_{j\in S_1} \deg(j) \quad (۷)$$

در عبارت فوق، اگر k مقدار ثابتی باشد، حداکثرسازی بخش خارج از پرانتز معادل حداقل‌نمودن تابع هدف $z(S_1)$ است. در این حالت، k و S_1 می‌بایست به‌گونه‌ای تعیین شود که جملهٔ پایانی معادلهٔ (۷) حداکثر شود که مفهوم آن، انتخاب مجموعهٔ S_1 با k رأس است که بیشترین درجه در S را داشته باشد. درصورتی‌که k نامشخص باشد، می‌توان بدین‌صورت عمل کرد: ابتدا دنبالهٔ رئوس شبکه را به صورت نزولی براساس درجهٔ هر رأس به شکل $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ مرتب کرد. حال براساس مقادیر ممکن برای k و S_1، می‌توان مقدار تابع z را محاسبه و مقدار بهینه را انتخاب کرد. باید توجه داشت که در هر مرحله لازم نیست محاسبات از ابتدا انجام شود، زیرا با اضافه‌شدن گره v_k به مجموعهٔ رئوس منتخب، در هر مرحله تابع z به‌شکل زیر تغییر می‌کند:

$$\left(\frac{k(k-1)}{2} - \sum_{i=1}^{k} \deg(v_i)\right) - \left(\frac{(k-1)(k-2)}{2} - \sum_{i=1}^{k-1} \deg(v_i)\right) = k - 1 - \deg(v_k) \quad (۸)$$

در ابتدا، می‌توان فرض کرد که هسته تهی باشد و k صفر در نظر گرفته شود. در این حالت، می‌توان نوشت:

$$z(0) = \sum_{(i<j)\in S} \mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} = \frac{1}{2}\sum_{i\in S} \deg(i)$$

براساس محاسبات فوق، می‌توان فرایند بازگشتی زیر را به‌منظور شناسایی هستهٔ یک شبکهٔ متقارن تنظیم کرد:

ابتدا لازم است درجه هر رأس و مجموع درجات رئوس شبکه را محاسبه کرد و دنبالهٔ رئوس را به صورت نزولی و به شکل $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ مرتب نمود.

در حالت بهینه، $z_{best} := \infty$ و $k_{best} := 0$ تعریف می‌شود. البته، بی‌نهایت به‌صورت ریاضی نبوده و به‌معنای یک مقدار بزرگ مانند n^2 در نظر گرفته می‌شود.

در مرحلهٔ اول، می‌توان z را به‌صورت $z := \frac{1}{2}\sum_{i\in S}\deg(i)$ در نظر گرفت.

برای هر k از ۱ تا n-1 عبارت $z := z + k - 1 - \deg(v_k)$ محاسبه می‌شود. اگر $z < z_{best}$ بود، خواهیم داشت: $k_{best} := k$ و $z_{best} := z$

در انتها، مجموعهٔ S_1 به‌صورت $S_1 = \{v_1, v_2, \dots, v_{k_{best}}\}$ تعریف می‌شود.

با توجه به فروض درنظر گرفته‌شده و کاهنده‌بودن دنبالهٔ $\{\deg(v_k) : 1 \le k \le n\}$، دنبالهٔ $\{k - 1 - \deg(v_k) : 1 \le k \le n\}$ غیرفزاینده است. بنابراین، وجود k^* به‌گونه‌ای که عبارت زیر محقق شود، حتمی است:

$$z_1 \ge z_2 \ge \cdots \ge z_{k^*} \ge \cdots \ge z_n$$

در شبکه‌های نامتقارن، ماتریس مجاورت شبکه مقداری تغییر خواهد کرد. در این حالت، $A_{ij} = 1$ خواهد بود اگر از رأس i یالی به رأس j وجود داشته باشد و برعکس $A_{ij} = 0$ خواهد بود اگر از i به j مسیری وجود نداشته باشد. در این حالت، هدف یافتن زیرمجموعهٔ مناسب $S_1 \subset S$ است به‌گونه‌ای که:

$$Z(S_1) = \frac{1}{2}\sum_{(i<j)\in S_1}\left(\mathbb{I}_{\{A_{ij}=0\}} + \mathbb{I}_{\{A_{ji}=0\}}\right) + \frac{1}{2}\sum_{(i<j)\notin S_1}\left(\mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} + \mathbb{I}_{\{A_{ji}=1\}}\right) \quad (۹)$$

حداقل گردد. به‌منظور حل چنین مسئله‌ای، می‌توان از تابع وزنی متقارن $w(i,j)$ به‌صورت

$$w(i,j) = \frac{1}{2}(\mathbb{I}_{\{A_{ij}=1\}} + \mathbb{I}_{\{A_{ji}=1\}}) \quad (۱۰)$$

برای هر دو گره $i \neq j$ استفاده کرد. در این حالت، معادلهٔ (۹) به‌شکل زیر خواهد بود:

$$Z(S_1) = \sum_{(i<j)\in S_1}\big(1 - w(i,j)\big) + \sum_{(i<j)\notin S_1} w(i,j) \quad (۱۱)$$

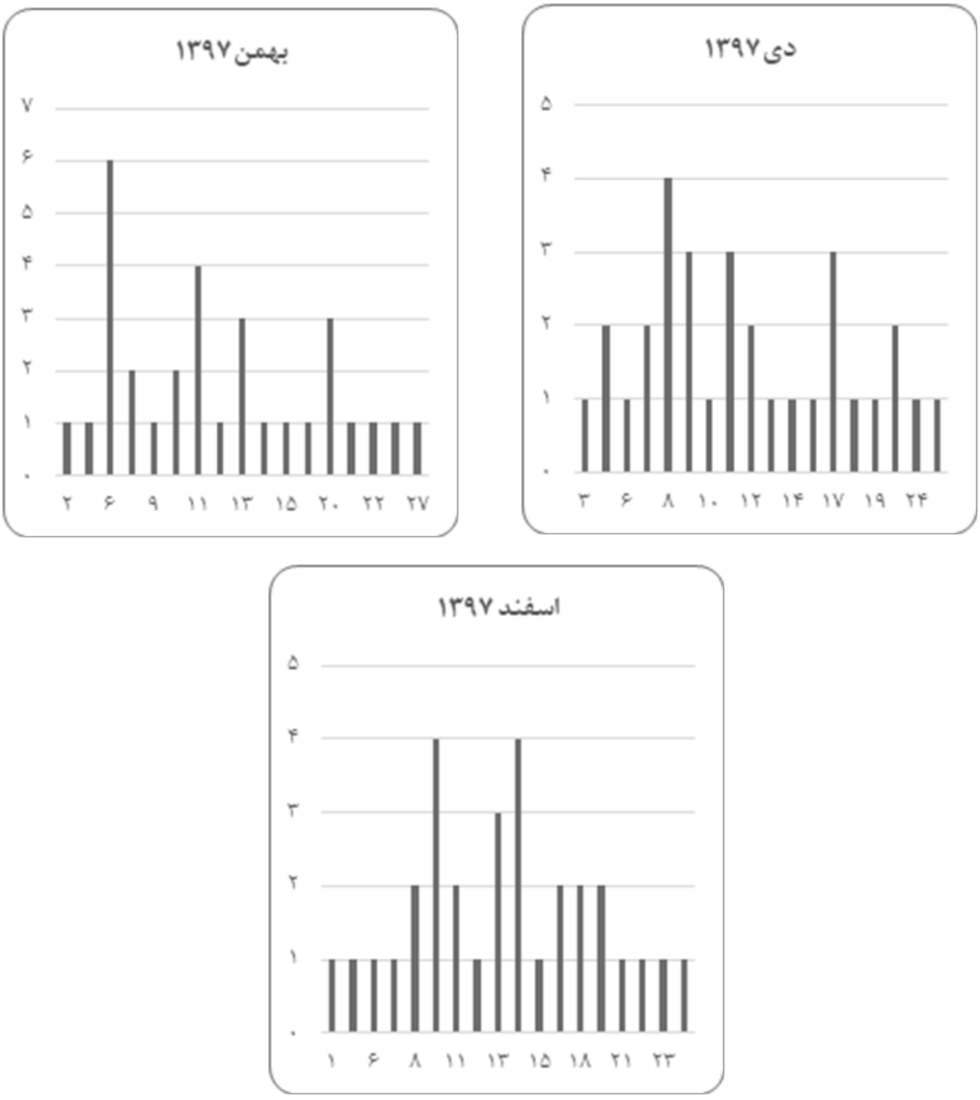
که می‌توان درجهٔ i را به‌صورت $\deg(i) = \sum_{j\in S} w(i,j)$ و $\delta_T(i) = \sum_{j\in T} w(i,j)$ تعریف کرد.

با توجه به اینکه یال‌های موجود در شبکهٔ بازار بین‌بانکی مؤید وجود ارتباط سپرده‌پذیری/سپرده‌گذاری اعضا از/نزد یکدیگر است، نحوهٔ وزن‌دهی در رابطه می‌تواند اهمیت هرکدام از این دو عملیات را در نظر تحلیلگر نشان دهد؛ به‌عنوان مثال در رابطهٔ (۱۰)، اهمیت رابطه‌های سپرده‌گذاری و سپرده‌پذیری یکسان بوده و در فرایند متقارن‌سازی، این دو عمل وزن مشابهی را دریافت کرده‌اند.

۵ ویژگی‌های توپولوژیکی شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران

با درنظرداشتن پویایی‌های احتمالی ساختار شبکهٔ بازار بین‌بانکی در بازه‌های زمانی مختلف، برای آشنایی بیشتر در این بخش ویژگی‌های توپولوژیکی شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران براساس ماتریس جریان وجوه در سه‌ماههٔ پایانی سال ۱۳۹۷ بررسی خواهد شد. همان‌گونه که پیش از این نیز تشریح شد، انتظار بر آن است که توزیع درجات رئوس یک شبکهٔ بین‌بانکی به‌صورت Power-law[1] باشد؛ یعنی تعداد رئوسی که درجهٔ بالاتر دارند و با بانک‌های دیگر در ارتباط هستند، کمتر باشد و بالعکس. لیکن توزیع درجات در شبکهٔ بین‌بانکی ایران بیشتر نزدیک به توزیع نرمال است که در شکل ۱ قابل‌ملاحظه است. این پدیده را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که تعداد بانک‌های دارای ارتباط خیلی زیاد و خیلی کم با دیگران محدودتر از تعداد بانک‌هایی است که به‌طور متوسط با یکدیگر در تعامل‌اند.

[1] توزیع توانی (Power-law) توزیعی است که در آن رابطه یک تغییر نسبی در یک کمیت، منجر به تغییر مرتبط متناسب در کمیت دیگر می‌شود و این موضوع به اندازه اولیهٔ کمیت‌ها وابستگی ندارد؛ به عنوان مثال، یک کمیت به‌صورت توانی از دیگری تغییر می‌کند.



شکل ۱. نمودار توزیع فراوانی درجات شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران در سه‌ماههٔ پایانی سال ۱۳۹۷

برای بررسی سایر ویژگی‌های ساختار شبکه، از اطلاعات ماهانهٔ سال ۱۳۹۷ استفاده شده است؛ به‌عنوان مثال، بررسی سنجهٔ میانگین طول مسیر بیانگر آن است که تبادلات موجود در بازار بین‌بانکی ایران در دورهٔ موردبررسی بدون داشتن پیچیدگی‌های زیاد، اغلب به‌صورت ساده و ارتباط مستقیم میان دو عضو بوده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقادیر این سنجه در دامنهٔ ۱/۳۱۲ تا ۲/۱۱۹ متغیر است که نشان‌دهندهٔ آن است که در مسیر مبادلهٔ دو بانک، حداکثر یک یا دو بانک دیگر وجود دارد. از سوی دیگر، بررسی قطر شبکه طی این مدت نشان می‌دهد حداکثر تعداد بانک‌هایی که به‌صورت بالقوه می‌توانند در مسیر یک معامله در یک ماه قرار گیرند، بین ۳ تا ۷ بانک بوده است.

همچنین، میانگین چگالی شبکه در سال ۱۳۹۷ در حدود ۰/۲۱ بوده است که منطبق با تجارب سایر کشورها، نشان‌دهندهٔ وجود یک شبکهٔ کم‌تراکم در بازار است؛ بدان‌معنا که هر بانک با تعداد کمی از بانک‌های عضو بازار بین‌بانکی ارتباط داشته است که البته دور از انتظار نیست، زیرا تعاملات بین‌بانکی در اغلب‌اوقات براساس ارتباطات میان بانک‌ها شکل می‌گیرد.

جدول ۲

سنجه‌های توپولوژیکی شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران در مقاطع ماهانهٔ سال ۱۳۹۷

	۹۷۰۱	۹۷۰۲	۹۷۰۳	۹۷۰۴	۹۷۰۵	۹۷۰۶	۹۷۰۷	۹۷۰۸	۹۷۰۹	۹۷۱۰	۹۷۱۱	۹۷۱۲
قطر شبکه	۴	۷	۵	۶	۴	۶	۶	۴	۳	۵	۵	۴
چگالی شبکه	۰/۱۸۶	۰/۲۲۱	۰/۲۱۴	۰/۲۱۶	۰/۲۱۵	۰/۲۱۷	۰/۲۰۶	۰/۲۰۳	۰/۲۱	۰/۲۰۴	۰/۲۰۳	۰/۲۲۴
ماژولاریتی	۰/۲۱۶	۰/۱۸۱	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۴۴	۰/۲۲۹	۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۱۹۹	۰/۱۴۹	۰/۱۳۹	۰/۱۵۷
میانگین ضریب خوشه‌بندی	۰/۱۷۸	۰/۲۵	۰/۲۰۲	۰/۲۲۳	۰/۲۸۷	۰/۲۴۸	۰/۲۳	۰/۱۹۷	۰/۲	۰/۲۷۴	۰/۳۰۸	۰/۲۶۳
میانگین طول مسیر	۱/۶۴۷	۲/۱۱۹	۱/۶۷۸	۱/۸۱۸	۱/۵۸۷	۱/۹۶۳	۱/۶۶	۱/۴۲۲	۱/۳۱۲	۱/۶۴	۱/۹۵۸	۱/۳۷۴

در نظریهٔ گراف، ضریب خوشه‌بندی معیاری است که معین می‌کند چه مقدار گره‌ها در یک گراف تمایل به ایجاد خوشه با همدیگر دارند. هرچقدر این ضریب بیشتر باشد، تمایل اعضای تشکیل‌دهندهٔ شبکه برای ایجاد ارتباطات با همسایگان خود بیشتر است. همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، میانگین این ضریب در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۷ در شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران بین ۰/۱۷۸ تا ۰/۳۰۸ تغییر کرده است.

از ماژولاریتی[1] به‌عنوان سنجه‌ای برای اندازه‌گیری قدرت تقسیم یک شبکه بر ماژول‌ها (گروه‌ها، خوشه‌ها، و یا جوامع) استفاده می‌شود (افتاده، ۱۳۹۵). این سنجه مقداری بین صفر و یک اتخاذ می‌کند و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ ارتباط ضعیف‌تر میان اجزای شبکه است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در ماه‌های مختلف مقدار این سنجه به صفر نزدیک‌تر است؛ لذا انتظار بر آن است که در شبکهٔ بازار بخش‌هایی وجود داشته باشد که دارای ارتباط قوی با یکدیگر هستند که این امر می‌تواند فرضیهٔ وجود هستهٔ مرکزی در بازار بین‌بانکی را تقویت کند.

۶ نتایج تحلیل شبکهٔ بازار بین‌بانکی ایران

همان‌گونه‌که در بخش مطالعات تجربی توضیح داده شد، در اغلب شبکه‌های بررسی‌شده توزیع درجات به‌صورت توانی و تراکم شبکه‌ها کم است. از سوی دیگر در دورهٔ موردبررسی، موقعیت شناخته‌شدهٔ بانک به‌عنوان هسته اغلب تداوم دارد. این امر موجب می‌شود امکان یافتن یک هستهٔ قوی در ساختار بازار بین‌بانکی افزایش یابد. لیکن در مورد بازار بین‌بانکی ایران چند نکته حائز اهمیت است: نخست آنکه همان‌طور که در بخش ۲ مقاله توضیح داده شد، بازار بین‌بانکی ریالی ایران به‌تازگی مرحلهٔ تکاملی خود را طی کرده و نقش قابل‌توجهی در تأمین‌مالی کوتاه‌مدت بانک‌های عضو پیدا کرده است. لذا، تشخیص الگوی رفتاری ثابت برای اعضای بازار دشوار به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر همان‌گونه که در بخش قبل مطرح شد، ویژگی‌های گراف بازار در دورهٔ موردبررسی مبین ساختار مستقیم و بی‌واسطهٔ تبادلات بازار بین‌بانکی است؛ لیکن براساس معیار ضریب خوشه‌بندی این احتمال وجود دارد که بتوان هسته‌ای را در این بازار شناسایی کرد. شایان ذکر است در صورت دردسترس‌بودن آمارهای موردنیاز برای دورهٔ زمانی بلندتر، می‌توان علاوه بر بررسی ساختار شبکه، تأثیر سایر عوامل بیرونی و تکانه‌های مختلف را در ساختار شبکهٔ بازار بین‌بانکی بررسی کرد. با این مقدمه، خروجی‌های مدل مورداستفاده در ادامه تفسیر خواهد شد.

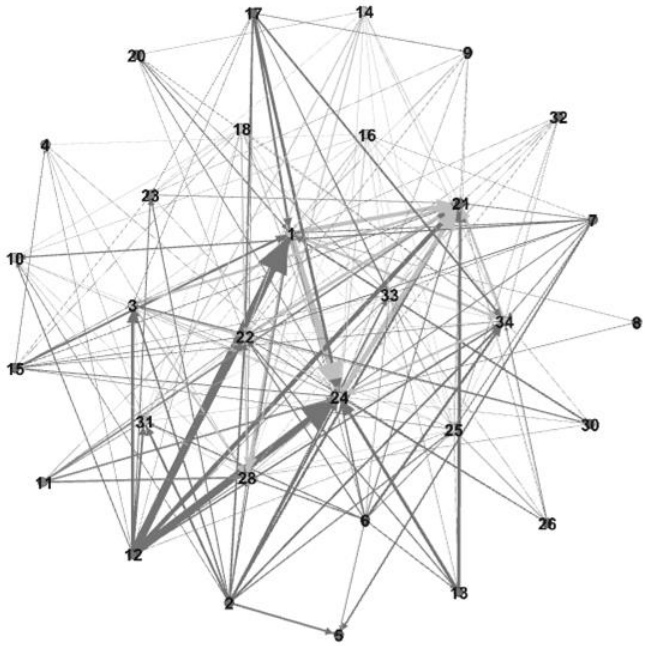
در شکل‌های ۲ و ۳، نمای بصری شبکهٔ بازار بین‌بانکی در ماه‌های بهمن و اسفند ۱۳۹۷ نمایش داده شده است. در این نمایش، برای هر بانک یک کد در نظرگرفته شده و با استفاده از گراف جهت‌دار وزنی، تمایز میان سپرده‌گذاری و سپرده‌پذیری اعضای بازار به‌گونه‌ای نمایش داده شده که در آن یال‌های خروجی بیانگر سپرده‌گذاری و یال‌های ورودی نشان‌دهندهٔ

---

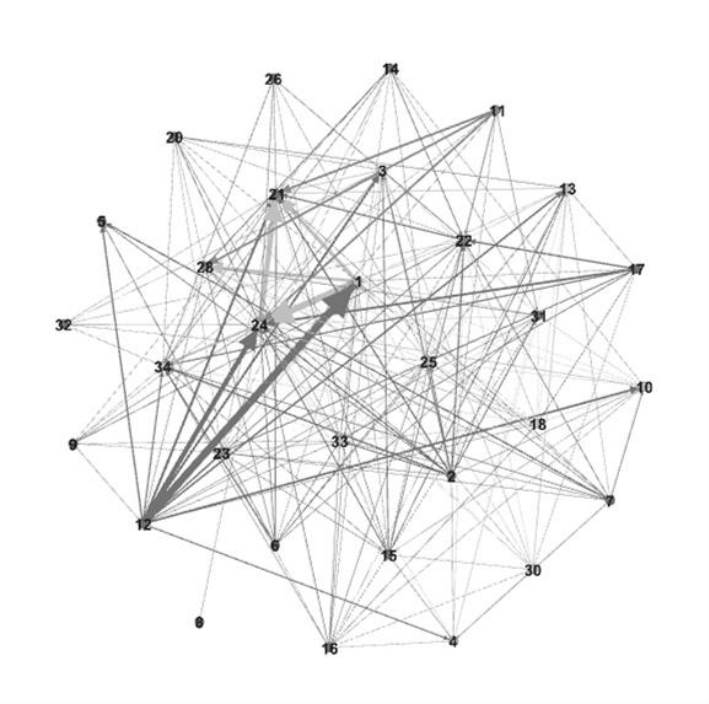
[1] Modularity

سپرده‌پذیری هر عضو است. ارزش تبادلات میان هر عضو نیز در قطر یال‌های موجود نشان داده شده است.

در این نمایش به‌نظر می‌رسد بانک‌های ۱، ۲، ۱۲، ۲۱، و ۲۴ تعاملات بیشتری با سایر اعضای بازار داشته‌اند. این موضوع براساس متد پیشنهادی لیپ بررسی خواهد شد که آیا این بانک‌ها می‌توانند در زمرهٔ اعضای هستهٔ بازار دسته‌بندی شوند یا لازم است اعضای دیگری نیز به این گروه اضافه و کم شوند.



شکل ۲. گراف شبکهٔ بازار بین‌بانکی در بهمن ۱۳۹۷



شکل ۳. گراف شبکهٔ بازار بین‌بانکی در اسفند ۱۳۹۷

برای این منظور، براساس اطلاعات تراکنش‌های بازار بین‌بانکی در سال ۱۳۹۷ در مقاطع ماهانه فرایند بازگشتی ذکرشده در بخش معرفی مدل محاسبات انجام شده است. در این محاسبات، مبنا ماتریس مجاورت شبکه به‌صورت غیرمتقارن و برای وزن‌دهی رابطهٔ (۱۰) سه سناریو در نظرگرفته شده است. در سناریوی اول، وزن سپرده‌گذاری و سپرده‌پذیری به‌صورت مساوی و هرکدام معادل ۵۰ درصد تعیین شده است. در سناریوی دوم، وزن بیشتر با ضریب اهمیت ۸۰ درصد برای سپرده‌گذاری و ۲۰ درصد برای سپرده‌پذیری در نظرگرفته شده و در سناریوی سوم، مجموع سپرده‌گذاری و سپرده‌پذیری به‌عنوان ملاک محاسبه فرض شده است. مدل یادشده براساس هر سه سناریو در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۷ محاسبه شده که خلاصهٔ نتایج آن در جدول ۳ و نتایج تفصیلی در پیوست ۱ آورده شده است.

جدول ۳

خلاصهٔ نتایج محاسبات انجام‌شده براساس سه سناریوی پیشنهادی

	سناریوی اول وزن‌دهی مساوی	سناریوی دوم وزن‌دهی بیشتر به سپرده‌گذاری	سناریوی سوم مجموع سپرده‌گذاری و سپرده‌پذیری
متوسط اعضای هسته در هر ماه	۲.۸	۳.۸	۵.۱۳
تعداد بانک‌هایی که هر ماه عضو هسته بوده‌اند	۳	-	۴
تعداد بانک‌های پیشنهادی برای عضویت در هسته	۵	۶	۶

مرور نتایج حاصله در سه سناریو حاکی از آن است که ترکیب هسته در ماه‌های مختلف تغییر می‌کند و تعداد بانک‌هایی که هر ماه جزء هسته بوده‌اند، در هر سه سناریو محدود و حداکثر چهار بانک بوده است. با توجه به اینکه بانک‌هایی که همواره در بازار به‌عنوان سپرده‌پذیر فعالیت می‌کنند، دارای مشکلات نقدینگی مزمن بوده و این امر از نظر سیاست‌گذار پولی امر قابل‌قبولی نیست، به‌نظر می‌رسد تمرکز بر سناریوی اول و دوم اولویت بیشتری نسبت به سناریوی سوم دارد.[1] از سوی دیگر با توجه جدول فراوانی بانک‌های شناسایی‌شده به‌عنوان هسته، که در پیوست ۲ قابل مشاهده است، به‌نظر می‌رسد تعداد ۵ بانک در سناریوی اول (شامل بانک‌های ملت، تجارت، گردشگری، و مؤسسات ملل و کوثر) و شش بانک در سناریوی دوم (شامل بانک‌های سپه، صنعت و معدن، توسعهٔ صادرات، ملت، سامان، و مؤسسهٔ کوثر) قابلیت آن را داشته باشند که طی یک دورهٔ یک‌ساله به‌عنوان هسته شناسایی شوند که در این میان، تنها بانک‌های سپه و ملت در حدس اولیه وجود داشته‌اند. البته، گفتنی است با توجه به اینکه این بررسی گذشته‌نگر بوده و براساس وضعیت حادث‌شدهٔ بانک‌ها در ماه‌های قبل نتیجه‌گیری می‌کند، می‌بایست بازبینی دوره‌ای مستمر داشته و سایر معیارهای مدنظر سیاست‌گذار پولی مانند معیارهای سلامت بانکی نیز در تعیین اعضای هسته در بازه‌های زمانی مدنظر قرار گیرد.

[1] در سناریوی سوم، بانک‌های ملی، سپه، ملت، گردشگری، و مؤسسات کوثر و ملل عضو هسته شناسایی شده‌اند.

فهرست منابع

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۸). گزارش‌های عملکرد بازار بین‌بانکی ریالی و گزیدهٔ آمارهای اقتصادی مندرج در پایگاه اطلاع‌رسانی بانک مرکزی ج.ا.ا.

مئنجاک، تاماراک (۱۳۹۷). *بانکداری مرکزی، ثبات پولی و مالی: نظریه و عمل* (ا. عزیزی، و ف. نوربخش، مترجمان). تهران: انتشارات پژوهشکدهٔ پولی و بانکی.

افتاده، ج. (۱۳۹۵). *تحلیل شبکه‌های اجتماعی*. تهران: انتشارات ثانیه.

Affinito, M. (2012). Do interbank customer relationships exist? and how did they function in the crisis? Learning from Italy. *Journal of Banking & Finance*, 3163–3184.

Boss, et al. (2004). Network topology of the interbank market. *Quantitative Finance*, 677-684.

Boyd, J.P., Fitzgerald, W.J., Beck, R.J. (2006). Computing core/periphery structures and permutation tests for social relations data. *Social Networks* 28 (2), 165-178.

Cocco, J. F., Gomes, F. J., & Martins, N. C. (2009). Lending relationships in the interbank market. Journal of Financial Intermediation, 18(1), 24-48.

Craig, B., & Von Peter, G. (2014). Interbank tiering and money center banks. *Journal of Financial Intermediation*, retrived from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jfi.2014.02.003

De Masi, G., Iori, G., & Caldarelli, G. (2006). Fitness model for the Italian interbank money market. Physical Review E, 74(6), 066112.

Ehrmann, M., & Worms, A. (2004). Bank Networks and Monetary Policy Transmission. *Journal of European Economic Association*, 2(6), 1148-1171.

Fricke, D., & Lux, T. (2015). Core–periphery structure in the overnight money market: Evidence from the e-MID trading platform. *Computational Economics*, 359–395.

Inaoka, H., Ninomiya, T., Taniguchi, K., Shimizu, T., & Takayasu, H. (2004). Fractal Network derived from banking transaction–An analysis of network structures formed by financial institutions. Bank Jpn Work Pap, 4, 1-32.

Iori, G., De Masi, G., Precup, O. V., Gabbi, G., & Caldarelli, G. (2008). A network analysis of the Italian overnight money market. Journal of Economic Dynamics and Control, 32(1), 259-278.

Lip, Z.W. Sean (2017). A fast algorithm for the discrete core/periphery bipartitioning problem. *Centre for Mathematical Sciences*, University of Cambridg.

Soramäki, 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.

پیوست‌ها

پیوست ۱

سناریوی اول												
	۹۷۰۱	۹۷۰۲	۹۷۰۳	۹۷۰۴	۹۷۰۵	۹۷۰۶	۹۷۰۷	۹۷۰۸	۹۷۰۹	۹۷۱۰	۹۷۱۱	۹۷۱۲
بانک‌های عضو هسته	۱	۳	۳	۳	۳	۲	۱۲	۱	۱	۱	۱	۱
	۱۲	۴	۴	۱۲	۱۲	۴	۱۳	۲	۱۰	۱۰	۲۱	۱۲
	۱۳	۱۳	۶	۱۳	۱۳	۱۲	۱۶	۱۲	۱۳	۲۱	۲۲	۱۳
	۱۷	۱۷	۱۳	۱۵	۱۶	۱۳	۲۴	۱۳	۲۱	۲۲	۲۴	۲۱
	۲۵	۲۳	۱۷	۱۷	۱۷	۱۶	۲۵	۲۴	۲۲	۲۴	۲۵	۲۲
	۳۳	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۸	۲۵	۲۴	۲۵	۲۸	۲۴
	۳۴	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۲۵	۲۸	۳۳	۲۵
		۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۳	۳۳	۳۴	۳۳
									۳۴	۳۴		۳۴
تعداد اعضای هسته	۷	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۸	۹

سناریوی دوم												
	۹۷۰۱	۹۷۰۲	۹۷۰۳	۹۷۰۴	۹۷۰۵	۹۷۰۶	۹۷۰۷	۹۷۰۸	۹۷۰۹	۹۷۱۰	۹۷۱۱	۹۷۱۲
بانک‌های عضو هسته	۱۲	۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۲۴	۱۲
	۱	۱۲	۶	۲	۲	۲	۲	۲	۶	۳۳	۲۲	۲
	۲	۴	۱	۴	۷	۷	۷	۷	۳۳	۲	۲۵	۱
	۴	۲۵	۴	۶	۶	۱۵	۱۷	۳۳	۲	۶	۳۳	۱۵
	۱۴	۱	۲	۷	۱۵	۶	۶	۱۵	۷	۱۴	۲۱	۱۶
	۷	۱۴	۱۵	۱	۳۳	۴	۱۵	۲۵	۴	۱۷	۲۸	۷
	۱۵	۷	۷	۱۴	۱	۳۳	۳۳	۱۴	۱۴	۳۴	۳۴	۶
	۶	۹	۱۴	۳۳	۱۷	۱۱	۴	۶	۱۵	۷		۱۸
		۶	۲۵	۱۵	۳							۳۳
تعداد اعضای هسته	۸	۹	۹	۹	۹	۸	۸	۸	۸	۸	۷	۹

سناریوی سوم												
	۹۷۰۱	۹۷۰۲	۹۷۰۳	۹۷۰۴	۹۷۰۵	۹۷۰۶	۹۷۰۷	۹۷۰۸	۹۷۰۹	۹۷۱۰	۹۷۱۱	۹۷۱۲
بانک‌های عضو هسته	۲۵	۲۵	۲۵	۱۷	۱۳	۲۵	۲۵	۲۵	۳۴	۲۴	۲۴	۲۴
	۱۳	۱۷	۱۷	۲۵	۱۷	۱۲	۳۴	۳۴	۲۴	۳۴	۲۲	۳۳
	۱۷	۳۳	۳۳	۳۳	۲۵	۱۶	۱۶	۱۳	۲۵	۲۱	۲۵	۲۲
	۳۴	۱۳	۱۳	۱۲	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۱	۲۲	۳۳	۱
	۱۲	۳۴	۳۴	۱۵	۱۶	۳۴	۲۴	۱۲	۱۰	۳۳	۲۱	۳۴
	۳۳	۴	۳	۳	۱۲	۱۳	۱۲	۱	۱۳	۱	۲۸	۲۱

	۱	۳	۴	۱۳	۳	۲	۱۳	۲۴	۳۳	۱۰	۳۴	۱۲
	۳	۲۳	۶	۳۴	۳۴	۴	۲۸	۲	۲۱	۲۸	۱	۲۵
	۲	۲	۱۲	۲	۲	۲۴	۲	۱۶	۲۲	۲۵	۳۱	۱۳
	۴	۱۲	۱	۴	۷	۲۸	۱۷	۲۸	۱۲	۱۶	۱۲	۲۸
	۱۴	۱	۲۲	۶	۶	۱۷	۱	۲۲	۲۸	۱۲	۲	۲
	۲۲	۱۱	۲۴	۱	۱	۷	۴	۷	۶	۳۱	۳	۱۸
		۲۲	۱۱	۲۴	۱۰	۱۵	۷	۲۱	۲	۲	۱۶	۳
		۱۴	۱۶	۱۶	۴	۳	۲۱		۱۶			۲۳
												۳۱
تعداد اعضای هسته	۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۳	۱۴	۱۲	۱۲	۱۵

پیوست ۲

فراوانی	کد بانک	فراوانی	کد بانک	فراوانی	کد بانک
۱۱	۱	۶	۱	۶	۱
۱۱	۲	۱۱	۲	۲	۲
۸	۳	۱	۳	۴	۳
۷	۴	۷	۴	۳	۴
۰	۵	۰	۵	۰	۵
۴	۶	۱۱	۶	۱	۶
۴	۷	۱۱	۷	۰	۷
۰	۸	۰	۸	۰	۸
۰	۹	۱	۹	۰	۹
۳	۱۰	۰	۱۰	۲	۱۰
۲	۱۱	۱	۱۱	۰	۱۱
۱۲	۱۲	۱۱	۱۲	۷	۱۲
۱۰	۱۳	۰	۱۳	۱۰	۱۳
۲	۱۴	۷	۱۴	۰	۱۴
۲	۱۵	۹	۱۵	۱	۱۵
۹	۱۶	۱	۱۶	۳	۱۶
۷	۱۷	۳	۱۷	۵	۱۷
۱	۱۸	۱	۱۸	۰	۱۸
۰	۱۹	۰	۱۹	۰	۱۹
۰	۲۰	۰	۲۰	۰	۲۰
۶	۲۱	۱	۲۱	۴	۲۱
۸	۲۲	۱	۲۲	۴	۲۲
۲	۲۳	۰	۲۳	۱	۲۳
۹	۲۴	۱	۲۴	۶	۲۴
۱۲	۲۵	۴	۲۵	۱۲	۲۵
۰	۲۶	۰	۲۶	۰	۲۶
۰	۲۷	۰	۲۷	۰	۲۷
۷	۲۸	۱	۲۸	۳	۲۸
۰	۲۹	۰	۲۹	۰	۲۹
۰	۳۰	۰	۳۰	۰	۳۰
۳	۳۱	۰	۳۱	۰	۳۱
۰	۳۲	۰	۳۲	۰	۳۲
۱۲	۳۳	۹	۳۳	۱۲	۳۳
۱۲	۳۴	۲	۳۴	۱۲	۳۴