فصلنامه علمی اقتصاد و بانکداری اسلامی، شماره سی‌ام، بهار ۱۳۹۹- صفحات ۱۴۰ - ۱۱۵

اندازه‌گیری ریسک سیستمی مؤسسات مالی و بانک‌ها با استفاده از رویکرد خوشه‌بندی مارکوف و معیارهای سنجش ریسک مبتنی بر مرکزیت

مجید هاتف وحید[۱]
عباس صالح اردستانی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۲ تاریخ پرداخت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹

چکیده

ریسک سیستمی، ریسک مرتبط به یک سیستم اقتصادی از سوی یک بنگاه اقتصادی است. معنای این ریسک، این است که بحران ایجاد شده در یک نهاد اقتصادی، می‌تواند به‌صورت زنجیره‌وار، به‌کل سیستم مالی انتشار پیدا کند. اهمیت سنجش این ریسک، پس از بحران مالی سال ۲۰۰۸ بیشتر از همیشه درک شد و این اهمیت تا جایی بوده است که قوانینی برای اخذ مازاد ذخیره اطمینان از بانک‌های دارای ریسک سیستمی بالاتر، در آمریکا مصوب شده‌اند. در میان روش‌های مختلف سنجش ریسک سیستمی، روش‌های مبتنی بر مرکزیت، جامعیت بسیار بالاتری دارند. لذا در این تحقیق، از روش ترکیبی یکی از معیارهای جدید مرکزیت به‌نام مرکزیت نیمه‌محلی با روش خوشه‌بندی پویا مارکوف برای سنجش ریسک سیستمی استفاده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، کارایی روش پیشنهادی نسبت به سایر معیارهای مرکزیت و معیار سنتی CoVaR بالاتر بوده است.

کلمات کلیدی: ریسک سیستمی، مرکزیت، خوشه‌بندی، مارکوف، شبیه‌سازی، CoVaR
طبقه‌بندی JEL: G39، G17، G19، G11، G10،G32

[۱] دانشجوی دکترای مهندسی مالی گروه علوم اقتصادی دانشکده مدیریت واحد تهران مرکزی ،دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ،ایران hatef.majid@yahoo.com
[۲] عضو هیات علمی گروه علوم اقتصادی دانشکده مدیریت واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) As.Ardestany.mng@iauctb.ac.ir

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

مقدمه

ریسک سیستمی[1] بیانگر احتمال سقوط کل سیستم مالی در شرایط بحران است. در اکثر موارد، سرمایه‌گذاران نگران از دست دادن ارزش یک سهم و یا کالا هستند درحالی‌که ریسک سیستمی، تمرکز روی کل بازار است. ریسک سیستمی به معنای ریسک مورد انتظار برای یک سیستم در ازای ریسک ایجاد شده توسط زیرمجموعه‌های سیستم می‌باشد. درصورتی‌که سیستم مالی، بازار بورس در نظر گرفته شود؛ زیرمجموعه‌های آن نهادهای مالی بازار می‌باشند. به این ترتیب، ریسک سیستمی در بازار بورس به معنای ریسک ایجاد شده توسط هریک از شرکت‌های زیرمجموعه در صورت وارد شدن به بحران برای کل بازار می‌باشد. مطابق تئوری‌های اقتصادی، بحران ایجاد شده توسط یک شرکت، می‌تواند تأثیری زنجیروار در شرکت‌های دیگر گذاشته و سایر شرکت‌ها نیز به سرعت وارد بحران شوند و در نتیجه کل بازار و کل اقتصاد وارد بحران گردد. درواقع، بدنه اصلی ریسک سیستمی را ریسک نقدینگی تشکیل می‌دهد که براساس آن، درصورت رخداد یک بحران برای یک نهاد، نهادهای مالک، نهادهایی که دارای خطوط اعتباری (حساب‌های دریافتنی) و حتی ارتباط عملیاتی با نهاد مذکور می‌باشند نیز به مشکل نقدینگی دچار می‌شوند و درصورتی‌که این نهادها سطح اول نهادهای در ارتباط با نهاد بحران‌زده، نامیده شوند؛ مشکل نقدینگی به نهادهای دارای ارتباط با نهادهای سطح اول نیز منتقل می‌شود و در این واکنش‌های زنجیره‌ای، مشکل نقدینگی مثل یک ویروس از یک نهاد به کل سیستم مالی و بازار منتقل می‌شود.

با این‌حال، بنا به نتایج به‌دست‌آمده از اکثر تحقیقات انجام‌شده در حوزه ریسک سیستمی، بالاترین سطح ریسک سیستمی مربوط به نهادهای مالی در یک اقتصاد می‌باشد. از جمله دلایل این موضوع، این مسئله ذکر شده است که نهادهای مالی سطح ارتباطی بسیار گسترده‌تری نسبت به شرکت‌های تولیدی و خدماتی دارند و لذا بحران نقدینگی و مالی این نهادها به نسبت سایر شرکت‌ها، با سرعت و مقیاس بزرگ‌تری به بازار منتقل می‌شود. علاوه بر این، بر خلاف شرکت‌های تولیدی، خدماتی و تجاری که انواع ریسک‌های عملیاتی در مورد آنها ذکر می‌شود؛ مهم‌ترین ریسک پیش روی نهادهای مالی نظیر بانک، بیمه، واسطه‌گری‌های مالی و کارگزاری، ریسک نقدینگی می‌باشد و به این ترتیب، عامل اصلی ایجاد ریسک سیستیمک، در واقع، عامل اصلی ریسک تجاری این نهادها نیز می‌باشد و لذا پتانسیل ایجاد ریسک سیستمی در این نهادها، نسبت به سایر شرکت‌های فعال در صنایع مختلف، بسیار بیشتر است (جین[2]، ۲۰۱۸).

1. Systemic Risk
2. Jin

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

بحران‌های مالی اخیر، نشان داد که نوآوری و به‌کارگیری برخی از ابزارهای مالی، باعث ایجاد شبکه‌ای به هم پیوسته از ارتباطات میان نهادهای مالی مختلف شامل بانک، بیمه، واسطه‌های مالی و کارگزاری‌ها شده است. به این ترتیب، ارتباطات پیچیده‌ای میان نهادهای مالی درگیر در یک اقتصاد ایجاد شده است. این ریسک، باعث انتقال مشکلات یک نهاد مالی از طریق شبکه مذکور به سایر نهادها می‌شود (یلن[1]، ۲۰۱۳).

با بیشتر شدن آگاهی نسبت به خطرات مورد توجه سیستم از طرف نهادهای مالی مختلف، صندوق بین‌المللی پول[2]، بانک تسویه حساب‌های بین‌المللی[3] و هیئت ثبات مالی[4] تصمیم به شناسایی نهادهای مالی با اهمیت از نظر سیستمی[5] پرداخته‌اند. براین اساس، هریک از نهادهای مالی حاضر در کشور که اندازه آنها از حد معینی بزرگتر باشد؛ یک تراز ریسک سیستمی اخذ می‌کنند. مؤسسات دارای تراز بالاتر، باید ذخیره اطمینان بیشتری نزد بانک مرکزی آمریکا[6] نگهداری کنند. برای مثال، JPMorgan در سبد ۴ قرار گرفته و ۲,۵٪ ذخیره بیشتر نگهداری می‌کند؛ درحالی‌که HSBC در سبد ۳ قرار می‌گیرد و ملزم به نگهداری ۲٪ ذخیره اطمینان بالاتر می‌باشند (FSB، ۲۰۱۷).

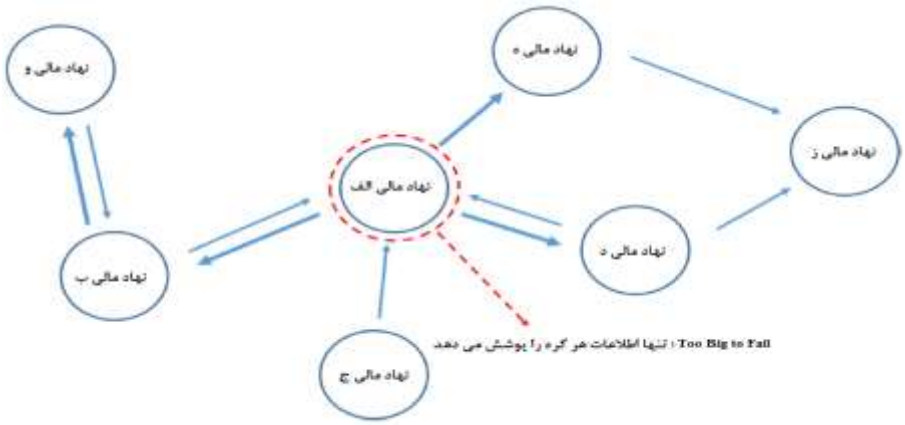
با این حال، سامانه تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شده برای شناسایی SIFIs، از نظر محققین کارایی لازم را ندارد (بنت و هارتمن[7]، ۲۰۰۰). اولین مشکل، این است که روش‌های فعلی، به‌صورت چندمعیاره و براساس خصیصه‌های مختلف نهادهای مالی نظیر میزان بدهی، دارایی و اطلاعات ترازنامه نهادهای مالی محاسبه می‌شود. به این ترتیب، روابط موجود بین نهادهای مالی در محاسبه تراز ریسک سیستمی، مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. علاوه براین، با توجه به اینکه اطلاعات ترازنامه نهادهای مالی به‌صورت حسابرسی شده هر ۶ ماه و به‌صورت حسابرسی نشده هر ۳ ماه در دسترس است؛ جنبه پیش‌گیرانه شناسایی SIFIs کمرنگ‌تر شده و در واقع، ارزیابی ریسک سیستمی جنبه دینامیک خود را از دست می‌دهد (نیر[8] و همکاران، ۲۰۰۷).

درصورتی‌که شبکه ارتباطی میان نهادهای مالی به‌صورت یک گراف در نظر گرفته شود؛ این گراف از گره‌ها[9] و روابط[1] بین گره‌ها تشکیل می‌شود. هر گره، نشان‌دهنده یک نهاد مالی و هر رابطه

1. Yellen
2. International Monetary Fund
3. Bank of International Settlement
4. Financial Stability Board
5. Systemically Important Financial Institutions
6. Federal Reserve Bank
7. De Bandt and Hartmann
8. Nier
9. Nodes

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

رابطه بین دو گره، نشان‌دهنده یکی از اقسام وابستگی یک نهاد، به نهاد دیگر است. این روابط، شامل تسهیلات مالی کوتاه‌مدت، بلندمدت، حدود اعتباری مصوب و رابطه مالکیتی می‌شوند و به‌صورت جهت‌دار بین دو مؤسسه وجود دارد. در چنین گرافی، وزن تمامی روابط با یکدیگر برابر نیست؛ چرا که میزان ارتباط بین نهادهای مالی، با یکدیگر تفاوت دارد. با در نظر داشتن گراف به‌عنوان شبکه ارتباطی، می‌توان نگرش‌های موجود به ریسک سیستمی را در سه دسته طبقه‌بندی نمود؛ نگرش مبتنی بر اندازه (Too Big to Fail)، نگرش مبتنی بر ارتباطات (Too Connected to Fail) و نگرش مبتنی بر مرکزیت (Too Central to Fail) این سه دسته را تشکیل می‌دهند. سیستم‌های مبتنی بر اندازه، براساس این پیش فرض کار می‌کنند که نهادهای مالی بزرگ تر، اثرگذاری بالاتر و در نتیجه ریسک سیستمی بالاتری دارند. شکل زیر، این منطق را به خوبی نشان می‌دهد.

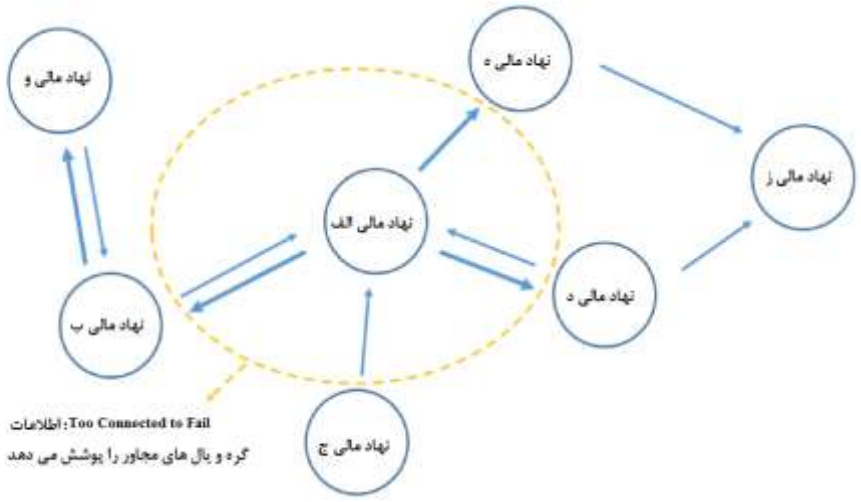


شکل۱. نگرش سنجش ریسک سیستمی مبتنی بر اندازه

همانند شکل (۱)، درصورتی‌که ارتباطات میان نهادهای مالی در قالب یک شبکه توصیف شود، نگرش سنجش ریسک سیستمی مبتنی بر اندازه، تنها اطلاعات یک گره از گراف را پوشش می‌دهد و ارتباطات میان آن گره با سایر گره‌ها (نهاد مالی با سایر نهادها) را پوشش نمی‌دهد. در نگرش مبتنی بر ارتباطات، روابط ورودی و خروجی یک گره از گراف نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. شکل (۲) این موضوع را نشان می‌دهد.

10. Edges

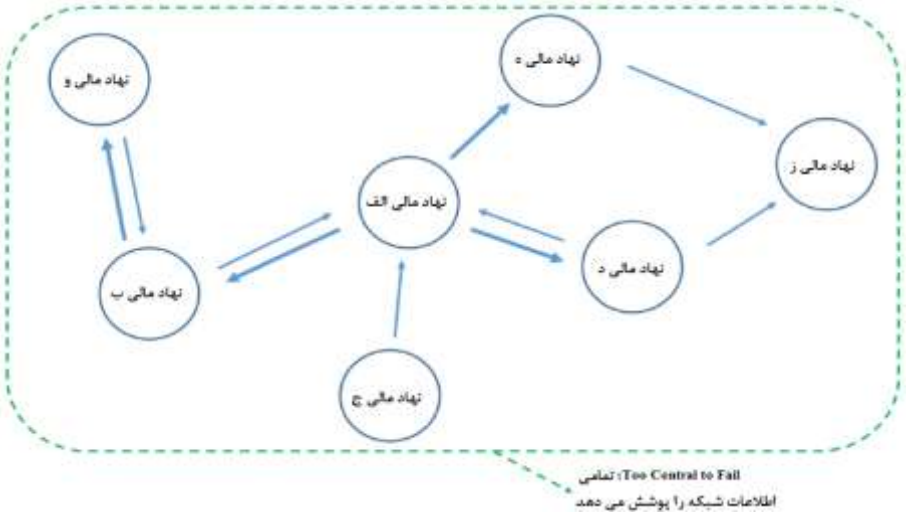
[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]



شکل۲. نگرش سنجش ریسک سیستمی مبتنی بر ارتباطات

در نگرش مبتنی بر ارتباطات، تنها میزان ریسک سیستمیک ایجاد شده از سوی یک نهاد بر نهادهای مجاور و بالعکس در نظر گرفته می‌شود. در واقع، ریسک سیستمی مرتبط به نهادهای مالی مجاور (که از سوی نهادهای مجاور با آنها ایجاد می‌شود) در نظر گرفته نمی‌شود و تنها سطح ارتباطات یک نهاد مالی با سطح اول نهادهای مجاور خود، در تصمیم‌گیری در خصوص ریسک سیستمی کاربرد دارد. در نهایت، جامع‌ترین شکل تحلیل ریسک سیستمی که کل گراف ارتباطات میان نهادهای مالی را نشان می‌دهد؛ نگرش مبتنی بر مرکزیت است که شمای کلی آن در شکل (۳) نیز نشان داده شده است.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]



شکل۳. نگرش سنجش ریسک سیستمی مبتنی بر مرکزیت

در نگرش مبتنی بر مرکزیت، ریسک سیستمی نهادهای مالی در ارتباط با یک نهاد در سطح اول و سایر سطوح نیز مورد توجه قرار می‌گیرند و لذا کل گراف ارتباطی میان مؤسسات مالی در سنجش ریسک سیستمی در نظر گرفته می‌شود و همین مسئله نیز باعث ایجاد علاقه بیشتر از نظر تحقیقاتی و نظارتی به این نگرش شده است. بنابراین، ویژگی این نگرش سطح بالا، این است که به جای تمرکز روی گره‌های بزرگ (نهادهای بزرگ و دارای ارتباطات بیشتر) و ارتباطات مربوط به این گره‌ها، اطلاعات مربوط به تمامی گره‌ها و تمامی ارتباطات متصل به آنها در سنجش ریسک سیستمی در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب، با در نظر گرفتن کل ساختار شبکه، نگرش مبتنی بر مرکزیت، سنجش کامل‌تر و دقیق‌تری از سنجه‌های مبتنی بر ارتباطات و اندازه خواهد داشت.

به این ترتیب، تحقیق حاضر، با هدف توسعه یک روش سنجش ریسک سیستمی بر پایه معیارهای نوین مرکزیت از جمله مرکزیت محلی و نیمه‌محلی با تلفیق قابلیت‌های روش خوشه‌بندی پویای مارکوف توسعه داده شده است. شایان ذکر است که سازوکار مربوط به محاسبه معیارهای مرکزیت و به‌کارگیری روش خوشه‌بندی مارکوف در قسمت روش تحقیق شرح داده خواهد شد.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

مبانی نظری و مروری بر پیشینه تحقیق

وابستگی میان نهادهای مالی در یک کشور یا حتی یک منطقه جغرافیایی، امری اجتناب‌ناپذیر است که از طریق مالکیت، وام‌دهی و یا رابطه اعتباری بین دو نهاد مالی ایجاد می‌گردد. علاوه بر این، ارتباط میان نهادهای مختلف مالی، یک ابزار تسهیم ریسک نقدینگی برای نهادهای مالی نیز به حساب می‌آید. درواقع، درحالتی که عدم‌قطعیتی وجود نداشته باشد؛ این ارتباطات به نوعی بازدهی نهاد مالی را در مقابل ریسک متقبل شده، بهینه‌سازی می‌کند. با این‌حال، درصورت ایجاد یک شوک در نقدینگی یک نهاد مالی، این ارتباطات می‌تواند منجر به بزرگ شدن مقیاس این شوک و اثرگذاری بر کل سیستم مالی یک کشور گردد (الن و گیل[1]، ۲۰۰۰). بحران‌های مالی سال ۱۹۹۷ و سال ۲۰۰۸، اهمیت سنجش ریسک سیستمی از طریق چنین وابستگی‌هایی را بیشتر نشان داد و نیاز به استفاده از روش‌های مبتنی بر شبکه به‌منظور تحلیل این ریسک را برجسته‌تر کرد؛ به‌طوری‌که فروپاشی کمپانی برادران لمان[2] در سال ۲۰۰۸، نهادهای مالی مختلفی نظیر IMF و BIS را مجاب کرد تا سنجه‌های ریسک سیستمی مبتنی بر شبکه را نیز در ارزیابی‌های خود، مد نظر قرار دهند (فرکسیس[3] و همکاران، ۲۰۰۰).

به‌صورت کلی می‌توان نقدینگی در بازار مالی را شامل دو بخش نقدینگی دارایی‌های مالی و نقدینگی نهادها دانست. نکته مهمی که در این ارتباط وجود دارد؛ این است که در نقدینگی نهادها، وابسته به نقدینگی دارایی‌های مالی است و بالعکس، نقدینگی دارایی‌های مالی، وابسته به نقدینگی نهادها است. برای مثال، در صورت بروز مشکل برای یک نهاد مالی، نقدینگی آن نهاد کاهش می‌یابد و به این ترتیب، در تعهدات خود نکول می‌کند و در نتیجه نقدینگی دارایی‌های مالی سایر نهادها در ارتباط با نهاد مذکور، کاهش می‌یابد و آن نهادها که دارایی‌های مالی مبتنی بر نهاد مذکور دارند نیز به مشکل نقدینگی برخورد می‌کنند و این مشکل به همین ترتیب، تسری پیدا می‌کند. به این ترتیب، یک رابطه دو طرفه مارپیچی نقدینگی[4] بین نهادهای مالی دارای ارتباط با یکدیگر، به وجود می‌آید و درصورت بروز مشکلی در نقدینگی یکی از نهادها، نقدینگی دارایی‌های سایر نهادهای مالی و در نتیجه نقدینگی دارایی‌های مالی در کل بازار، تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در واقع، یک شوک نقدینگی کوچک، ابعاد وسیع‌تری در کل بازار پیدا می‌کند (برونرمیر و پدرسن[5]، ۲۰۰۹). در سال ۲۰۱۰، در تحقیقی نشان داده شد که رابطه میان بزرگ شدن ابعاد شوک نقدینگی در یک شبکه با

1. Allen and Gale
2. Lehman Brothers
3. Freixas
4. Liquidity Spirals
5. Brunnermeier and Pedersen

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

تعداد ارتباطات موجود در آن، به‌صورت مستقیم است و لذا تحلیل دقیق ریسک سیستمی، نیازمند بررسی آن از طریق شبکه می‌باشد (جینکپلس[۱]، ۲۰۱۰).

یکپارچگی شبکه، یکی از مفاهیم استخراج شده از آنالیز شبکه‌ای ریسک سیستمی است که نشان‌دهنده میزان وابستگی اعتباری بانک‌ها به یکدیگر است و نوع ارتباطات در چنین شبکه‌ای نیز، از طریق تسهیلات سندیکایی و میزان تسهیم ریسک بانک‌ها در چنین تسهیلاتی تعیین می‌شود. کابالرو[۲] (۲۰۱۵) معیارهای مختلفی نظیر درجه ورودی، درجه خروجی، بینابینی و مرکزیت را به‌کار گرفته است تا رابطه میان یکپارچگی شبکه و وقوع بحران مالی را بررسی کند و نتیجه‌گیری کرده است که یکپارچگی شبکه، یکی از عوامل مهم ایجادکننده بحران‌های مالی می‌باشد. به این ترتیب، می‌توان گفت که نه تنها بزرگ بودن برخی نهادهای مالی باعث تحمیل ریسک بحران مالی به سیستم بانکی می‌شود؛ بلکه ساختار شبکه نیز در تخمین این ریسک مؤثر است و بیشتر بودن تعداد ارتباطات میان نهادهای مالی، رابطه مستقیمی با احتمال وقوع بحران مالی ایجاد می‌کند (مینوی[۳] و همکاران، ۲۰۱۵).

گفته شد که معیارهای سنجش ریسک سیستمی با استفاده از آنالیز شبکه، در واقع سنجه‌های کمی‌کننده ارتباطات موجود در یک شبکه می‌باشند. به این ترتیب، معیارهای مختلف به‌کار گرفته شده در جهت تحلیل انواع گراف‌ها و شبکه‌های اجتماعی که از روش‌های داده کاوی[۴] الهام گرفته شده‌اند نیز، می‌تواند در این تحلیل‌ها به‌عنوان سنجه ریسک سیستمی به‌کار رود. برای مثال، روش تحلیل مؤلفه اصلی[۵]، یکی از روش‌های داده کاوی به‌کار گرفته شده در تحلیل شبکه است که مؤلفه‌های اصلی نقش‌دهنده یک شبکه را شناسایی و ریسک سیستمی را منوط به این مؤلفه‌ها می‌داند. یکی از معیارهای مورد استفاده در این روش، نرخ جذب بوده است که کریتزمن[۶] و همکاران (۲۰۱۱)، از آن به‌عنوان سنجه ریسک سیستمی استفاده کرده و نتیجه گرفته‌اند که این نرخ، با نرخ شکنندگی یک سیستم مالی بر اثر شوک‌های اقتصادی، رابطه مستقیم دارد. بیلیو[۷] و همکاران (۲۰۱۲) نیز این نتایج را تأیید کرده و با ترکیب روش تحلیل مؤلفه اصلی با شبکه علیت گرنجر[۸]، معیاری به نام PCAS برای تحلیل روابط میان نهادهای مالی و سنجش عدم‌تقارن موجود بین بخش‌های مختلف این شبکه، توسعه داده است.

---

6. Geanakoplos
1. aballero
2. Minoiu
3. Data Mining
4. Principal Component Analysis
5. Kritzman
6. Billio
7. Granger Causality Network

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

از دیگر روش‌های مورد استفاده، روش در معرض ریسک بین بانکی[1] است. در این روش، تحلیل شبکه در حد شناسایی نهادهای مالی مرتبط با یکدیگر تا چندسطح استفاده می‌شود. لائو[2] و همکاران (۲۰۰۹)، با به‌کارگیری این روش، از ریسک نکول شرطی چندسطحی، به‌منظور محاسبه ریسک سیستمی نهادهای مالی و رتبه‌بندی آنها استفاده کرده است. محققان، معیاری تحت عنوان فاصله نکول[3] برای هر نهاد مالی در نظر گرفته و سپس این فاصله را در چندسطح به‌صورت شرطی برای نهادهای مالی مرتبط با نهاد مالی مفروض نیز محاسبه کرده‌اند. معیار فاصله نکول، با میزان دارایی‌ها رابطه مستقیم و با میزان بدهی و نوسان ارزش دارایی‌ها، رابطه معکوس دارد. محققان نتیجه‌گیری کرده‌اند که این معیار چندسطحی، برای نهادهای با ارتباطات بیشتر، بالاتر ارزیابی می‌شود.

بر خلاف تحقیق لائو و همکاران که در آن، از تحلیل شبکه، صرفاً برای شناسایی ارتباطات میان نهادهای مالی استفاده شده است، در محاسبه ریسک سیستمی، می‌توان از جهت ارتباطات میان نهادهای مالی در شبکه ارتباطی نیز برای محاسبه ریسک سیستمی استفاده کرد. فندر و مکگایر[4] (۲۰۱۰) با استفاده از همین مسئله، از معیار انتقال حاشیه تقاطعی[5] استفاده کرده‌اند که در آن، شکاف بودجه‌ای[6] یک نهاد مالی در صورت ایجاد مشکل نقدینگی در نهادهای مالی مرتبط، مورد بررسی قرار می‌گیرد. از نظر محققین، در شرایط قطعی، نقدینگی بانک‌ها پاسخ‌گوی نیاز آنها می‌باشد. لیکن، در صورت ایجاد شدن تقاضای مازاد نقدینگی از سوی سرمایه‌گذاران، بانک‌ها به مشکل نقدینگی برخورد کرده و این مشکل برای بانک‌های با ارتباطات بالاتر، ابعاد بالاتری پیدا خواهد کرد و در نهایت، با بزرگ شدن ابعاد مشکل ایجاد شده برای یک نهاد مالی، مشکل نقدینگی برای کل سیستم مالی ایجاد می‌شود.

پیش از این، گفته شد که به‌صورت کلی، تحلیل شبکه‌ای ریسک سیستمی، به سه روش عمده تقسیم‌بندی می‌شوند. روش اول، مبتنی بر توپولوژی است و اساساً در آن، وجود یک ارتباط بین دو نهاد مالی، یک متغیر صفر و یک است و جهت این ارتباط اهمیتی ندارد. روش دوم، هر ارتباط یک جهت و یک وزن دارد که این ارتباطات ناشی از خطوط اعتباری بین بانکی، ارتباط مالکیتی و بدهی بانکی را شامل می‌شود. روش سوم که جامع‌تر از دو روش دیگر است؛ علاوه بر وزن و جهت

1. Interbank Exposure
2. Lau
3. Default Distance
4. Fender and McGuire
5. Cross-Border Transmission
6. Funding Gap

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

ارتباطات میان گره‌ها، وزن و اهمیت هریک از نهادهای مالی را نیز متفاوت در نظر می‌گیرد که تحقیقات اخیر، به استفاده از این روش روی آورده‌اند (باتیسون[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

یکی از معیارهای مذکور، رتبه بدهی (DebtRank) است که توسط (باتیسون و همکاران، ۲۰۱۲) توسعه داده شده است و کاملاً مبتنی بر ساختار شبکه می‌باشد. این معیار، براساس ساختار بدهی و دارایی هریک از نهادهای مالی یک شبکه محاسبه می‌شود. درصورتی‌که ذخیره اطمینان مورد نیاز یک نهاد مالی، کمتر از آستانه مورد نیاز باشد؛ آن مؤسسه در خطر ورشکستگی قرار می‌گیرد. لذا، سرمایه‌گذاری سایر نهادهای مالی در نهاد ورشکسته، از بین رفته و موجب کاهش پیدا کردن ذخیره اطمینان مورد نیاز آن نهادها می‌گردد و این چرخه، در شبکه ادامه پیدا می‌کند و تمامی نهادهای در ارتباط با نهاد ورشکسته در دو یا سه سطح غیرمستقیم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. به این ترتیب، می‌توان گفت که ریسک نقدینگی یک نهاد مالی، براساس ساختار آن نهاد در شبکه ارتباطی نهادهای مالی، باعث ایجاد ریسک سیستمی برای کل سیستم مالی می‌شود.

معیار دیگر، SinkRank است که توسط سورمایکی و کوک[2] در سال ۲۰۱۳ توسعه داده شده است. این معیار بنا به ادعای نویسندگان، به‌صورت استوار به اندازه‌گیری ریسک سیستمی می‌پردازد. در توسعه این معیار، از نرخ جذب زنجیره مارکوف[3] استفاده شده است و با استفاده از ساختار شبکه و تعداد لینک‌های ورودی و خروجی هریک از نهادهای مالی، این معیار برای هریک از نهادها، محاسبه می‌شود. مطابق نتایج گرفته شده از تحقیق و براساس شبیه‌سازی انجام شده، مقدار این معیار با ریسک فروپاشی سیستم مالی رابطه مستقیم و معنادار دارد.

در رابطه با معیارهای مرتبط با ساختار شبکه و ریسک سیستمی، تحقیقات زیادی به استفاده از معیارهای مرکزیت توسعه داده شده در تحلیل شبکه‌های اجتماعی و مباحث بازاریابی ویروسی[4] روی آورده‌اند. از آن جمله، می‌توان به کوزوباس[5] و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد که در آن، به بررسی کارایی معیارهای مختلفی نظیر مرکزیت درجه، مرکزیت نزدیکی، مرکزیت میانی و مرکزیت بونایچ[6] پرداخته‌اند. براساس نتایج، ریسک سیستمی اندازه‌گیری شده توسط معیارهای مرکزیت، به خوبی توان توجیه نتایج شبیه‌سازی انجام شده از انتقال بحران از یک نهاد مالی به کل سیستم مالی را دارند.

1. Battiston
2. Soramaki and Cook
3. Absorbing Markov chains
4. Virus Marketing
5. Kuzubas
6. Bonacich’s Centrality

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

پیش از این نیز گفته شد که روش‌های زیرمجموعه داده کاوی و آمار نیز قابلیت به‌کارگیری در ایجاد یک سنجه ریسک سیستمی را دارند. یکی از این روش‌ها، خوشه‌بندی شرکت‌ها براساس ساختار شبکه است که توسط بیناچی و همکاران (۲۰۱۸) به‌کار گرفته شده است. در این تحقیق، با استفاده از مدل گرافیکی مارکوف، انتقال یک مشکل مالی یا بحران نقدینگی از یک نهاد مالی به نهادهای مالی حاضر در خوشه یکسان، بررسی می‌شود و بر این اساس، ابعاد اثرگذاری هریک از نهادهای مالی بر سیستم مالی مورد سنجش قرار می‌گیرد. بنابه گفته محققین، این روش نسبت به معیارهای مرکزیت کلاسیک، کارایی بالاتری در تخمین ریسک سیستمی براساس نتایج شبیه‌سازی دارد.

از دیگر معیارهای های به‌کار گرفته شده آماری، می‌توان به معیار PageRank اشاره کرد. یون[1] و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از این معیار، به تخمین ریسک سیستمی پرداخته‌اند و نتیجه‌گیری کرده‌اند که این معیار مبتنی بر ساختار شبکه، کارایی بهتری از معیارهای کلاسیک نظیر MES و CoVaR در تخمین ریسک سیستمی دارد. البته، نتایج این تحقیق توسط لی[2] و همکاران (۲۰۱۸) نیز مورد تأیید قرار گرفته است و در این تحقیق، محققان کارایی PageRank را نسبت به روش‌های مبتنی بر شبکه دیگر نظیر معیارهای مرکزیت، بالاتر ارزیابی کرده‌اند.

به این ترتیب، می‌توان گفت که از نظر تحقیقاتی و حتی نظارتی، سنجه‌های ریسک سیستمی مبتنی بر شبکه، در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند و معیارهای مختلفی از علوم مختلف از داده کاوی تا آمار، برای اندازه‌گیری ریسک سیستمی در این حوزه به‌کار گرفته شده‌اند و بنابه نتایج به‌دست آمده از این تحقیقات، کارایی معیارهای مبتنی بر شبکه نسبت به معیارهای کلاسیک، بالاتر ارزیابی شده است.

بررسی ریسک سیستمی در ایران، موضوع نسبتاً جدیدی است که البته پژوهش‌های مربوط به این حوزه، اکثراً مربوط به اندازه‌گیری ریسک سیستمی با معیارهای کلاسیک می‌باشند. برای مثال، حسینی و رضوی (۱۳۹۳)، به بررسی رابطه سرمایه و ریسک سیستمی در میان مؤسسات مالی و بانک‌های حاضر در بورس اوراق بهادار پرداخته‌اند. محققان، از معیارهای ترکیبی از ارزش جاری سهام شرکت، نسبت کفایت سرمایه مناسب، و مقدار کل بدهی، برای سنجش رابطه میان ریسک سیستمی و سرمایه استفاده کرده‌اند و ریسک سیستمی به‌صورت خاص، با معیار کمبود مورد انتظار سیستمی اندازه‌گیری شده است.

1. Yun
2. Lee

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

کریمی (۱۳۹۵)، از یک روش ترکیبی از مدل همبستگی شرطی پویا (DCC) و ارزش در معرض خطر شرطی[1] برای اندازه‌گیری ریسک سیستمی استفاده کرده‌اند. محققان، همچنین رابطه ریسک سیستمی را با میزان ارزش در معرض خطر، نسبت اهرمی و سرمایه شرکت‌ها مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه‌گیری کرده‌اند که نسبت اهرمی، تأثیر بیشتری نسبت به سرمایه در ایجاد ریسک سیستمی دارد. مشابه این تحقیق، توسط جعفری و همکاران (۱۳۹۶) نیز انجام شده است که ۶ بانک را مورد مطالعه و رتبه‌بندی قرار داده‌اند.

عیوضلو و رامشگ (۱۳۹۷) با الهام از روش کریمی (۱۳۹۵)، از روش ترکیبی DCC و CoVaR و همچنین DCC و MES برای اندازه‌گیری ریسک سیستمی استفاده کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که کارایی این روش‌ها از نظر آماری تفاوتی ندارند. پژوهشگران همچنین، با به‌کارگیری مدل‌های آستانه‌ای خودهمبستگی برداری به تعریف یک آستانه به‌منظور مدل‌سازی بحران پرداخته‌اند.

ناصرالهی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی ریسک سیستمی در بانک‌ها پرداخته‌اند و ۱۷ بانک را مورد بررسی قرار داده و با استفاده از سنجه CoVaR به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین ریسک سیستمی بانکی مربوط به بانک خاورمیانه و کمترین آن مربوط به بانک سرمایه است. باباجانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز با به‌کارگیری همین روش به سنجش ریسک سیستمی پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که ریسک سیستمی با نوسانات اقتصادی رابطه معکوس داشته و لذا با پایدارتر شدن شرایط اقتصادی، این ریسک افزایش می‌یابد.

بر پایه مطالعات انجام شده، استفاده از سنجه مرکزیت نیمه‌محلی برای سنجش ریسک سیستمی، در تحقیقات مشابه انجام نشده است. همچنین، از قابلیت‌های الگوریتم خوشه‌بندی مارکوف نیز در تحقیقات معدودی استفاده شده است که به دو مورد از آنها اشاره شد.

روش‌شناسی تحقیق

به‌طور کلی، اگر هر نهاد مالی در شبکه ارتباطی نهادها به‌صورت یک گره و هرگونه ارتباط بین نهادها به وسیله یک یال مشخص گردد؛ شبکه ارتباطی به‌صورت یک گراف بسیار بزرگ قابل نمایش است. ارتباط در این شبکه‌ها، غالباً از طریق مالکیت یا وام‌دهی ایجاد می‌گردد و لذا هرچه درصد مالکیت یا وام‌دهی بین دو نهاد بیشتر باشد؛ ارتباط قوی‌تری بین آن دو وجود دارد. بنابراین، نکته قابل‌توجه این است که این گراف، یک گراف وزن‌دار جهت‌دار نیز می‌باشد.

- **خوشه‌بندی گراف**

3. Conditional Value at Risk (CVaR)

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

در مقدمه تحقیق گفته شد که در این پژوهش، به‌منظور شناسایی نهادهای کلیدی با مرکزیت بالا در شبکه ارتباطی نهادهای مالی، از روش خوشه‌بندی گراف استفاده می‌شود. به‌صورت کلی، منظور از خوشه‌بندی گراف، قرار دادن گره‌های مشابه از یک گراف در یک خوشه می‌باشد. گره‌های مشابه، معمولاً گره‌های نزدیک به یکدیگر می‌باشند و لذا فاصله هندسی گره‌ها، می‌تواند معیار خوبی برای خوشه‌بندی باشد. با استفاده از معیارهای مختلف فاصله هندسی همچون گریز از مرکز، شعاع و قطر به خوشه‌بندی گره‌ها پرداخته است که به این منظور، از الگوریتم نزدیک ترین همسایگی استفاده کرده است. نکته مهم در استفاده از فواصل هندسی برای خوشه‌بندی، این است که این فواصل باید به خوبی قابل تعریف بوده و درواقع دوری و نزدیکی با استفاده از یک معیار مشخص، قابل تعریف باشد. این درحالی است که فاصله مکانی در قالب شبکه ارتباطی، تفاوتی بین نهادهای مختلف ایجاد نکرده و لذا نمی‌توان فواصل بین گره‌ها را با معیار خوبی محاسبه نمود.

در چنین شرایطی، می‌توان به خوشه‌بندی با استفاده از روش قدم‌زدن تصادفی و به‌خصوص با استفاده از زنجیره مارکوف پرداخت. در روش قدم‌زدن تصادفی، شباهت گره‌ها با یکدیگر نه براساس فاصله فیزیکی، که براساس رفتارهای ارتباطی آنها سنجیده می‌شود. برای مثال، درصورتی‌که دو گره به یکدیگر متصل باشند و این ارتباط وزن بالایی نیز داشته باشد؛ احتمال قرار گرفتن آنها در یک خوشه افزایش می‌یابد؛ درصورتی‌که ارتباط مستقیم وجود نداشته باشد، درصورتی‌که دو گره به یک گره مشترک متصل باشند؛ باز هم شانس قرار گرفتن در یک خوشه را دارند و این ارتباط تا سطوح بعدی نیز پیش رفته و در واقع تمامی ارتباطات چندسطحی ممکن را در نظر می‌گیرد. به این ترتیب، می‌توان معیار کلی شباهت دو گره در روش قدم‌زدن تصادفی را مشابه رابطه (۱) دانست :

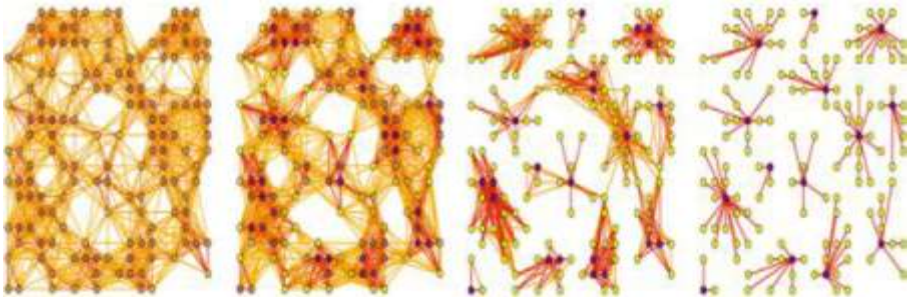
$$s(u،v) = \frac{C}{|I(u)||I(v)|}\sum_{x\epsilon u}\sum_{y\epsilon v} s(x.y) \qquad (۱)$$

در این رابطه، شباهت دو گره x و y براساس تعداد همسایه های مشابه در مجموعه همسایگی-های مربوطه که به ترتیب u و v را شامل می‌شوند؛ محاسبه می‌گردد. به این ترتیب، این روش، با محاسبه شباهت‌های گره‌های مختلف گراف به‌صورت دو به دو، به پیدا کردن گره‌های مشابه و خوشه‌بندی این گره‌ها می‌پردازد.

زنجیره مارکوف، یکی از زیرمجموعه‌های روش قدم‌زدن تصادفی است که با استفاده از منطق شبیه‌سازی به خوشه‌بندی گره‌ها در یک گراف می‌پردازد. منطق کار این روش، این است که از یک گره شروع کرده و به‌صورت احتمالی به یکی از گره‌های مشابه حرکت می‌کند؛ این کار را برای تعداد مراحل مشخصی انجام داده و در نهایت، گره‌هایی که از آنها عبور شده است؛ در یک خوشه قرار می‌گیرند؛ همچنین تعداد عبورهای صورت گرفته از هر گره نیز تعیین می‌گردد. دو نکته کلیدی در استفاده از این روش وجود دارد؛ اول اینکه احتمال حرکت از یک گره به گره‌های مجاور، یکسان

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

نبوده و برای هریک از گره‌های مجاور وزنی در نظر گرفته می‌شود. دوم ممکن است یک گره در چندین خوشه قرار گیرد که در این حالت، باید گره مربوطه به خوشه‌ای تخصیص یابد که بیشترین عبور از آن در آن خوشه اتفاق افتاده است. به‌عبارت دیگر، خوشه‌های ایجاد شده توسط زنجیره مارکوف، در ابتدا هم‌پوشانی زیادی با یکدیگر دارند؛ لیکن با تعداد بیشتر اجرای الگوریتم و تخصیص بهینه گره‌های مشابه، این هم‌پوشانی کاهش یافته و در نهایت به صفر می رسد. شکل (۱) این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد :



شکل۱. سیر تغییرات خوشه‌بندی به روش مارکوف و از بین رفتن هم‌پوشانی خوشه‌ها

به این ترتیب، مشکل گره‌های مشابه در خوشه‌های مختلف، رفع می‌گردد. اما در مورد محاسبه احتمال، روش‌های گوناگونی وجود دارد. در تحقیقات مختلف، معیارهای متفاوتی برای سنجش احتمال حرکت از یک گره به گره دیگر استفاده شده است. متداول‌ترین معیار، وزن یال متصل‌کننده دو گره می‌باشد که هر چه میزان ارتباط دو گره بیشتر باشد؛ احتمال حرکت به آن گره بیشتر می‌شود. لیکن، در تحقیق اخیر، از یک معیار جدید برای خوشه‌بندی به این روش استفاده می‌گردد. این معیار، میزان مرکزیت گره‌های مجاور می‌باشد؛ درواقع، هرچه میزان مرکزیت یک گره افزایش یابد، احتمال حرکت به آن گره نیز افزایش پیدا می‌کند. محقق، اعتقاد دارد که در شبکه ارتباطی نهادهای مالی، گاهی نمی‌توان ارتباط مستقیمی بین دو گره دریافت؛ لیکن می‌توان انتظار داشت که گره‌های با مرکزیت بالاتر، ریسک سیستمی بالاتری داشته باشند؛ به‌عبارت دیگر، ممکن است دو نهاد رابطه مستقیم با یکدیگر نداشته باشد؛ اما در صورت بالا بودن مرکزیت آن نهاد، احتمال تأثیرگذاری آن بر سایر نهادهای دارای رابطه غیرمستقیم، افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل، در این پژوهش از معیار مرکزیت نیمه‌محلی برای خوشه‌بندی استفاده می‌شود که در ادامه این قسمت به توضیح آن پرداخته می‌شود.

- **مرکزیت نیمه‌محلی**

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

مرکزیت به‌صورت کلی، یکی از معیارهای سنجش میزان ارتباطات یک گره، با گره‌های دیگر می‌باشد و هرچه مقدار آن بیشتر باشد؛ به معنای تأثیرگذاری بیشتر آن گره در گراف است. برای اندازه‌گیری مرکزیت، دو حالت مرکزیت سراسری و مرکزیت محلی وجود دارد. در محاسبه مرکزیت سراسری، تمامی گره‌های گراف در نظر گرفته شده و برای محاسبه مرکزیت محلی، تنها گره‌های مجاور در سطح اول یا چند سطح ابتدایی در نظر گرفته می‌شوند. هر دو روش، مزایا و معایب خاص خود را دارند؛ برای مثال، دقت مرکزیت سراسری از محلی بیشتر است؛ لیکن محاسبات مربوط به آن زیادتر و در مورد شبکه‌های بزرگ، عملاً غیرممکن می‌گردد. در مقابل، مرکزیت محلی، تخمینی از مرکزیت سراسری برای هر گره بوده و محاسبات آن با حجم کمتر و سرعت بالاتر صورت می‌پذیرد. در تحقیق حاضر، به‌منظور استفاده از مزایای هر دو روش، از یک روش ترکیبی سنجش مرکزیت با نام مرکزیت نیمه‌محلی استفاده شده است که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود. رابطه (۲) نشان‌دهنده مبنای محاسبه مرکزیت محلی هر گره است.

$$C_i^w = \frac{d_i}{n-1} \qquad (۲)$$

در این رابطه، d_i نشان‌دهنده وزن مجموع یال‌های وارد شونده به گره i است که به نسبت وزن مجموع تمامی یال‌های گراف، نرمال می‌گردد. مقدار مرکزیت ابتدایی هر گره، توسط رابطه (۴-۲) به مرکزیت نهایی هر گره تبدیل می‌گردد :

$$M_j^w = \sum_{j \epsilon u} C_j^w \qquad (۳)$$

در رابطه مذکور، مجموعه u مجموعه نزدیک‌ترین همسایگی گره i است و در واقع میزان مرکزیت نهایی هر گره، برابر مرکزیت همان گره به علاوه مرکزیت گره‌های مجاور است. با تعدیل میزان مرکزیت به نسبت ویژگی‌های سازمانی، معیار مرکزیت تعدیل‌شده هر گره مطابق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{Q}^w = \sum\nolimits_{j \epsilon u} (M^w(j) * (S + A + G)) \qquad (۴)$$

در این رابطه، S مقدار نرمال شده درآمدهای عملیاتی است؛ در واقع اگر نهاد مالی متناظر یک گره درآمد مشخصی داشته باشد، مقدار نرمال شده برابر میزان درآمد آن نهاد به درآمد کل نهادهای حاضر در شبکه است. متغیر A نشان‌دهنده دارایی‌های نرمال شده هر گره و G نشان‌دهنده حقوق صاحبان سهام به‌صورت نرمال شده است. در نهایت، مقدار مرکزیت نیمه‌محلی هریک از گره‌های حاضر در شبکه مطابق رابطه (۵) تعریف می‌شود.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

$$DDSC(v) = \sum_{u \epsilon v} w_{vu}\, Q^{w}(u) \qquad (۵)$$

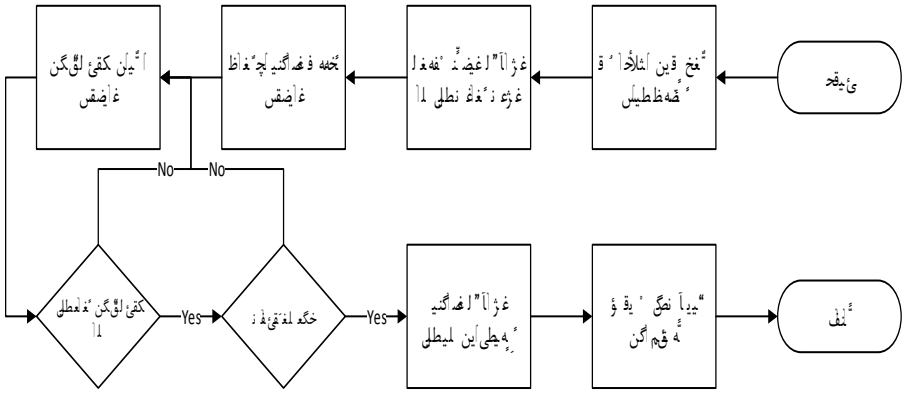
در این رابطه، مقدار مرکزیت نیمه‌محلی هر گره، برابر وزن یال‌های ورودی هر گره در میزان مرکزیت تعدیل‌شده همان گره است. با توجه به مراحل فوق، می‌توان مقدار مرکزیت نیمه‌محلی مربوط به هر گره را محاسبه نمود و این مسئله، مقادیر مورد نیاز برای استفاده از روش خوشه‌بندی پیشنهادی تحقیق را فراهم می‌کند.

- **خوشه‌بندی**

پیش‌تر گفته شد که برای خوشه‌بندی در این تحقیق، از روش خوشه‌بندی مارکوف استفاده می‌شود که معیارهای مربوطه برای خوشه‌بندی، مقادیر مرکزیت نیمه‌محلی به‌دست آمده تعریف می‌شود. تنها مسئله باقیمانده، محاسبه احتمال حرکت از هر گره به گره دیگر می‌باشد که این مسئله براساس رابطه (۶) انجام می پذیرد.

$$p\left(u.v\right) = \frac{DDSC_v}{\sum_v DDSC_v} \qquad (۶)$$

براساس این رابطه، از میان گره‌های مجاور، احتمال حرکت به گره‌ای که بیشترین مرکزیت را دارد بیشتر از سایر گره‌ها می‌باشد و مجموع احتمالات حرکت از هر گره به گره‌های مجاور نیز، برابر ۱ می‌باشد. با توجه به مطالب توضیح داده شده در این قسمت، به معرفی مدل مفهومی تحقیق مطابق شکل (۲) پرداخته می‌شود:



شکل۲. مدل مفهومی تحقیق

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

براساس شکل (۲)، پس از محاسبه مرکزیت نیمه‌محلی تمامی گره‌ها، خوشه‌بندی به روش مارکوف انجام می‌گردد. اما همچنان یک سؤال دیگر باقی مانده است و آن چگونگی محاسبه میزان اثرگذاری هر گره با استفاده از نتایج خوشه‌بندی می‌باشد. همانطور که گفته شد؛ در خوشه‌بندی مارکوف، تعداد گذر ثبت شده از هر گره، ذخیره می‌شود. براساس تعداد بار عبور از هر گره در هر خوشه و تعداد گره‌های هر خوشه، می‌توان میزان اثرگذاری را مطابق رابطه (۷) محاسبه کرد :

$$E_u = NoP_u * \frac{NoK_c}{\sum_c NoK_c} \quad (۷)$$

در رابطه (۷)، NoP_u تعداد بارهای عبور از گره u می‌باشد. همچنین، نسبت حاضر در قسمت دوم نشان‌دهنده نسبت تعداد گره‌های حاضر در خوشه مربوط به u به نسبت تعداد کل گره‌های موجود می‌باشد. به این ترتیب، هرچه تعداد گذر از گره‌ای بالاتر بوده و تعداد گره‌های حاضر در خوشه مربوطه نیز بیشتر باشد؛ میزان اثرگذاری گره در شبکه بیشتر می‌شود و از نظر منطق بازاریابی ویروسی، این گره یک گره مهم تلقی می‌گردد.

- **سنجش‌کارایی**

به‌منظور سنجش‌کارایی روش پیشنهادی، همانند هر تحقیق دیگر باید به مقایسه نتایج آن با یک مقدار واقعی یا مرجع پرداخت. در تحقیقات مختلف، معمولاً از مدل SIR برای تخمین مقادیر واقعی اهمیت نهادها و رتبه‌بندی آنها استفاده می‌شود. چگونگی محاسبه این معیار مطابق رابطه (۸) می‌باشد.

$$\gamma_{ij} = (\frac{w_{ij}}{w_m})^{\beta} \quad (۸)$$

عملکرد این مدل به این صورت است که هر بار یکی از گره‌ها در شبکه انتخاب شده و الگوریتم در مورد آن اعمال می‌گردد. الگوریتم، با استفاده از شبیه‌سازی به بررسی توانایی انتشار هریک از گره‌ها می‌پردازد رابطه (۸) نشان‌دهنده احتمال سرایت آلودگی از گره i به گره j می‌باشد که شامل نسبت وزن یال به وزن گره به توان مقدار پیش فرض می‌باشد. منظور از آلودگی، در مورد تحقیق حاضر همان بحران نقدینگی می‌باشد که از طریق شبکه به کل سیستم مالی انتقال داده می‌شود.

به‌منظور سنجش‌کارایی روش پیشنهادی، به مقایسه همبستگی رتبه‌های نهایی به‌دست آمده با رتبه‌بندی ایجاد شده توسط SIR با استفاده از آماره معناداری تاوکندل پرداخته خواهد شد.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

یافته های پژوهش

به‌منظور بررسی کارایی روش پیشنهادی، اطلاعات مربوط به ۱۷ بانک فعال در بازار سرمایه در بازه سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ جمع‌آوری گردیده است. برای ایجاد شبکه ارتباطی، با استفاده از صورت‌های مالی حسابرسی شده سالیانه بانک‌ها، میزان سرمایه‌گذاری هر بانک در بانک‌های دیگر استخراج شده است. همچنین، با توجه به اینکه اطلاعات تسهیلات بین بانکی در صورت مالی بانک‌ها درج نشده است؛ این اطلاعات به‌صورت تصادفی ایجاد شده‌اند. مشخصات مورد استفاده ۱۷ بانک مذکور براساس صورت‌های مالی حسابرسی شده سال ۱۳۹۶ که در مجمع سال ۱۳۹۷ حسابرسی شده‌اند؛ مطابق جدول زیر است:

جدول۱. مشخصات مربوط به بانک‌های حاضر در نمونه تحقیق

بانک	کل دارایی	حقوق صاحبان سهام	درآمد عملیاتی
انصار	۷۳۴،۸۶۷،۱۰	۲۶۹،۶۸۲،۱۶	۱۶۳،۰۳۵،۳۵۹
دی	۱۰۳،۳۹۲،۲۳-	۷۱۹،۱۳۲،۳۶-	۸۴۹،۸۲۴،۲۳۲
گردشگری	۳۳۶،۳۹۵،۳	۷۴۶،۸۹۰،۲	۳۲۰،۸۱۱،۲۵۵
قوامین	۶۸۲،۲۸۶،۱۳	۵۱۶،۸۷۰،۸	۰۴۳،۶۶۵،۵۷۶
حکمت	۱۵۴،۹۰۵،۱	۶۵۱،۷۷۳،۶	۶۳۴،۵۰۲،۴۴
ایران زمین	۲۳۶،۴۰۲،۲-	۱۴۹،۵۲۸،۱	۴۶۷،۷۲۷،۲۲۲
کارآفرین	۵۹۳،۲۷۲،۴	۷۲۹،۸۹۲،۱۲	۱۴۷،۲۷۱،۱۶۰
خاورمیانه	۵۸۳،۳۵۳،۴	۰۸۰،۲۷۲،۹	۲۹۳،۲۷۲،۹۵
آینده	۰۸۷،۵۳۲،۸۵	۸۸۹،۳۹۷،۱۸	۲۳۸،۶۹۱،۱۴۱،۱
ملت	۶۵۵،۰۱۹،۹۶	۹۵۱،۰۵۳،۵۷	۴۸۴،۲۵۱،۲۱۸،۲
اقتصاد نوین	۹۲۷،۶۳۲،۸	۲۰۸،۰۹۸،۱۸	۲۲۷،۷۴۸،۴۱۵
پارسیان	۴۸۱،۵۱۴،۱۱	۴۹۶،۵۲۱،۲۱	۸۳۸،۱۴۳،۸۹۶
پاسارگاد	۵۷۴،۵۲۶،۳۰	۱۱۸،۸۲۷،۶۱	۶۸۵،۱۷۷،۸۵۲
صادرات	۳۶۸،۲۳۱،۴۵	۶۴۶،۸۴۲،۱۸	۵۴۷،۳۵۴،۷۹۰،۱
سامان	۴۴۶،۱۴۱،۹	۲۸۵،۶۳۱،۱۰	۷۷۳،۶۳۸،۳۰۹
سرمایه	۶۷۹،۷۴۴،۲۲-	۷۳۶،۵۶۱،۱۰۸-	۱۴۶،۰۴۶،۱۷۵
سینا	۰۶۱،۷۳۳،۵	۱۰۰،۰۰۰،۱۳	۹۰۱،۳۷۹،۱۸۴
تجارت	۳۲۱،۳۳۶-	۲۶۳،۰۲۰،۴۳-	۲۵۶،۶۴۴،۳۴۶،۱

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

به‌منظور اندازه‌گیری اهمیت نهادها در شبکه، علاوه بر روش پیشنهادی، از روش‌های دیگری به‌عنوان رقیب برای روش پیشنهادی استفاده شده است. به‌همین منظور، خصوصیات آماری مقادیر محاسبه شده برای اهمیت نهادها در جدول (۲) مقایسه شده‌اند.

جدول۲. مقایسه آماره‌های توصیفی سنجه‌های مختلف اهمیت نهادها در شبکه ارتباطی نمونه

سنجه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
مرکزیت درجه	۱۶,۶۴	۲۸,۹۸	-۰,۲۴	۲,۵۸
مرکزیت نزدیکی	۰,۱۵	۰,۱۱	-۰,۵۳	۴,۵۷
مرکزیت محلی	۰,۵۱	۰,۲	۰,۲۸	۲,۹۹
مرکزیت نیمه‌محلی	۴۰,۸۸	۳۲,۷۱	۲,۱۹	۴,۹۶
مرکزیت خوشه‌بندی (روش پیشنهادی)	۰,۹۳	۰,۶۵	۰,۳۲	۳,۱۸

به‌صورت خلاصه، می‌توان اطلاعات زیر را از جدول (۲) استخراج نمود :

۱. مرکزیت درجه: این معیار، نشان‌دهنده تعداد گره‌های متصل به هر گره می‌باشد و لذا آماره‌های نشان داده شده برای آن، شبیه به آماره‌های توصیفی داده‌های اصلی در جدول(۱) است. چولگی این سنجه کمتر از ۰,۵ بوده و قابل اغماض است و کشیدگی آن نیز در حدل نرمال است.

۲. مرکزیت نزدیکی: این معیار، عکس فاصله گره تا گره‌های مجاور خود را نشان می‌دهد و برای همین کمتر از ۱ تخمین زده شده است. چولگی منفی شناسایی شده در آن معنادار بوده و کشیدگی داده‌ها نیز از حد نرمال بالاتر است. بنابراین، سنجش اهمیت با این معیار باعث تخمین مقادیر بسیار نزدیک در مورد اکثر نهادها و مقادیر بسیار کم در مورد تعدادی از نهادها می‌گردد و نمی‌تواند معیار مناسبی برای تخمین اهمیت نهادها باشد.

۳. مرکزیت محلی: این معیار، همانند مرکزیت درجه بوده و در محاسبه تعداد یال‌های هر گره، تعداد یال‌های گره‌های مجاور به نسبت کلیه یال‌ها را در نظر می‌گیرد. همانند معیار مرکزیت درجه نیز دارای چولگی و کشیدگی در حد نرمال است.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

۴. مرکزیت نیمه‌محلی: این معیار که چگونگی محاسبه آن توضیح داده شده است؛ دارای چولگی مثبت قابل‌توجه و کشیدگی بیش از حد نرمال می‌باشد که این امر نشان‌دهنده کارایی ضعیف این معیار در سنجش اهمیت و رتبه‌بندی نهادهای شبکه می‌باشد؛ چرا که تعداد زیادی از نهادها مقادیر بسیار نزدیک و تعداد کمی مقادیر بسیار بزرگ به خود می‌گیرند.

۵. مرکزیت خوشه‌بندی: این معیار، که مطابق روش پیشنهادی تحقیق و رابطه (۷) به‌دست می‌آید؛ دارای چولگی و کشیدگی در حد نرمال بوده و انحراف معیار آن نیز مقدار معقولی به خود گرفته است و در نتیجه، می‌تواند جهت رتبه‌بندی نتایج مناسبی تولید نماید.

حال، به‌منظور سنجش میزان ارتباط سنجه پیشنهادی تحقیق با استفاده از خوشه‌بندی، با سایر معیارهای به‌کار گرفته شده در جدول (۲)، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده می‌شود که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

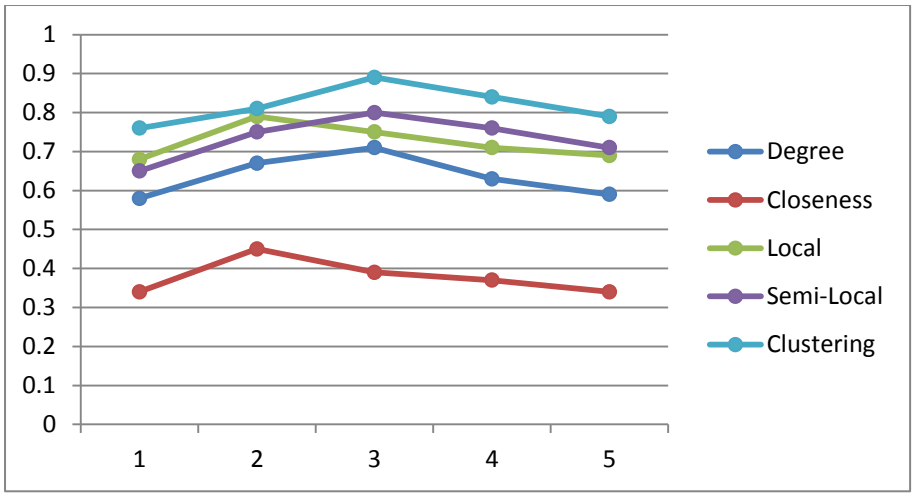
جدول۳. بررسی معناداری رابطه میان سنجه پیشنهادی با سایر سنجه‌ها با استفاده از آزمون اسپیرمن

سنجه	آماره اسپیرمن	معناداری	سطح معناداری
مرکزیت درجه	۱,۹۵	۰,۰۲	٪۹۵
مرکزیت نزدیکی	۰,۸۶	۰,۱۹	-
مرکزیت محلی	۲,۱۷	۰,۰۱	٪۹۹
مرکزیت نیمه‌محلی	۱,۵۷	۰,۰۵	٪۹۰

براساس جدول (۳)، همبستگی روش پیشنهادی با مرکزیت نزدیکی معنادار نمی‌باشد. مرکزیت محلی بیشترین همبستگی و مرکزیت درجه و نیمه‌محلی رتبه های بعدی همبستگی را دارند.

در نهایت، برای سنجش‌کارایی معیار پیشنهادی، از مقایسه همبستگی آن با شاخص SIR و با همبستگی سایر سنجه‌ها با این شاخص، استفاده می‌گردد. نتایج این مهم، در شکل (۳) آورده شده است.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]



شکل ۳. مقادیر همبستگی سنجه‌های مختلف اهمیت نهادها با شاخص SIR به ازای بتای متفاوت

پنج آزمایش نشان داده شده در شکل (۳) به ازای مقادیر مختلف بتا (توان شاخص SIR) می‌باشد که این توان نشان‌دهنده میزان احتمال حرکت و در نتیجه روانی حرکت می‌باشد. با توجه به شکل، مشخص است که همبستگی شاخص پیشنهادی (Clustering) از مابقی شاخص‌ها بالاتر بوده است. همچنین، مقدار حداکثر همبستگی در آزمایش سوم به‌دست می‌آید که نشان‌دهنده مقدار۱ برای بتا است و مقادیر کمتر یا بیشتر از آن، باعث کاهش همبستگی می‌گردد. مقادیر همبستگی نشان داده شده، براساس رتبه‌بندی انجام شده توسط روش‌ها بوده و توسط آماره تاوکندل به‌دست آمده است.

در نهایت، با توجه به روش به‌کار گرفته شده، رتبه ریسک محاسبه شده در جدول ذیل نمایش داده شده است. جهت درک بهتر تفاوت‌های موجود با روش کلاسیک CoVaR، رتبه‌بندی انجام شده با این سنجه که نتایج آن در پژوهش کلیشمی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داده شده است؛ مقایسه شده‌اند.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

رتبه ریسک محاسبه شده

بانک	روش پیشنهادی	CoVaRΔ
انصار	۸	۱۱
دی	۱۵	۱۵
گردشگری	۱۶	۱۳
قوامین	۱۸	۷
حکمت	۱۷	۲
ایران زمین	۱۴	۴
کارآفرین	۷	۵
خاورمیانه	۱۲	۱
آینده	۱۳	-
ملت	۱	۹
اقتصاد نوین	۱۱	۱۲
پارسیان	۳	۱۶
پاسارگاد	۵	۸
صادرات	۴	۱۴
سامان	۶	۱۰
سرمایه	۱۰	۱۷
سینا	۹	۶
تجارت	۲	۳

به این ترتیب، مشاهده می‌شود که اختلاف میان رتبه‌بندی انجام شده به دو روش کلاسیک و مبتنی بر مرکزیت، بسیار زیاد است. این مسئله، نشان می‌دهد که معیار کلاسیکی مثل ΔCoVaR، قابلیت‌های تحلیلی مناسبی نداشته و صرفاً براساس داده‌های تاریخی و اندازه نهادها به تعیین ریسک سیستمی می‌پردازد که این مسئله، باعث می‌شود که ریسک سیستمی در مجموع شبکه ارتباطی محاسبه و اندازه‌گیری نشده و منحصر به یک محدوده خاص و ارتباطات مستقیم باشد.

نتیجه‌گیری

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

پژوهش حاضر، به‌منظور ارائه روشی برای اندازه‌گیری دقیق ریسک سیستمی توسعه داده شده است. ریسک سیستمی، مقوله بسیار مهم و جدیدی در مباحث مالی است که عامل اصلی ایجاد بحران‌های مالی اخیر در دنیا بوده است. این ریسک، به معنای ریسک انتقال یک بحران مالی از یک نهاد مالی، به کل سیستم مالی است. رویکردهای متفاوتی برای اندازه‌گیری ریسک سیستمی وجود دارد که کامل ترین آنها که کل شبکه ارتباطی نهادها را مورد بررسی قرار می‌دهد؛ روش‌های اندازه‌گیری مبتنی بر مرکزیت است.

معیارهای توسعه داده شده برای اندازه‌گیری مرکزیت، تنوع بسیار بالایی دارند. لیکن، مرکزیت نیمه‌محلی، یک معیار ترکیبی از قابلیت‌های مرکزیت سراسری و مرکزیت محلی است و از معیارهای نوین سنجش مرکزیت به حساب می‌آید. همچنین، خوشه‌بندی مارکوف پویا، روشی است که در تحقیقات پیشین برای شناسایی گره‌های پر ریسک و اثرگذار در یک شبکه ارتباطی، از آنها استفاده شده است. لیکن، استفاده از این روش با در نظر داشتن معیار مرکزیت نیمه‌محلی، امری جدید است که در تحقیق حاضر به آن پرداخته شد.

براساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق، روش پیشنهادی، دقیق‌ترین تخمین از ریسک سیستمی را ارائه می‌دهد و نسبت به سایر معیارهای کلاسیک، نتایج دقیق‌تری ارائه می‌کند. همچنین، از مقایسه نتایج روش پیشنهادی با معیار کلاسیک ΔCoVaR، مشخص شد که این معیار، کارایی مناسبی در جهت تخمین ریسک سیستمی نداشته و نتایج به‌دست آمده از آن، با نتایج به‌دست آمده از روش پیشنهادی، اختلاف قابل‌توجهی دارند.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

منابع:

۱. باباجانی، جعفر، تقوی‌فرد، محمدتقی، غزالی، امین. (۱۳۹۷). ارائه چارچوبی جهت سنجش و پیش‌بینی ریسک سیستمی با رویکرد ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR). دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۱۱(۳۹)، ۱۵-۳۶.

۲. حسینی، سیدعلی، رضوی، سیده‌سمیه. (۱۳۹۳). نقش سرمایه در ریسک سیستمی مؤسسات مالی. پژوهش‌های تجربی حسابداری، ۴(۱)، ۱۲۷-۱۴۷.

۳. حکمتی فرید، صمد، رضازاده، علی، مالک، علی. (۱۳۹۷). برآورد ریسک سیستمی در بخش‌های مالی اقتصاد ایران (رهیافت ارزش در معرض ریسک شرطی تفاضلی). فصلنامه علمی - پژوهشی مدل‌سازی اقتصادی، ۱۲(۴۳)، ۹۹-۱۲۲.

۴. دانش جعفری، داود، محمدی، تیمور، بت‌شکن، محمدهاشم. (۱۳۹۶). بررسی ریسک سیستمیک بانک‌های منتخب نظام بانکی در ایران با استفاده از روش همبستگی شرطی پویا (DCC). پژوهش‌های پولی-بانکی، ۱۰(۳۳)، ۴۵۷-۴۸۰.

۵. رستگار، محمدعلی، کریمی، نسرین. (۱۳۹۵). ریسک سیستمی در بخش بانکی. مدل‌سازی ریسک و مهندسی مالی، ۱(۱)، ۱-۱۹.

۶.عیوضلو، رضا، رامشگ، مهدی. (۱۳۹۷). اندازه‌گیری ریسک سیستمیک با استفاده از کسری نهایی مورد انتظار و ارزش در معرض خطر شرطی و رتبه‌بندی بانک‌ها. مدیریت دارایی و تأمین مالی.

۷. فرزین وش، اسدالله، الهی، ناصر، گیلانی پور، جواد، مهدوی، غدیر. (۱۳۹۶). ارزیابی ریسک سیستمی در شبکه بانکی ایران توسط معیار تغییرات ارزش در معرض خطر شرطی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۸(۳۳)، ۲۶۵-۲۸۱.

۸.محمدی اقدم، سعید، قوام، محمد حسین، فلاح شمس، میرفیض. (۱۳۹۶). سنجش ریسک سیستمی ناشی از شوک ارزی در بازارهای مالی ایران. فصلنامه تحقیقات مالی، ۱۹(۳)، ۴۷۵-۵۰۴.

9. Acharya، V.، Engle، R.، & Richardson، M. (2012). Capital shortfall: A new approach to ranking and regulating systemic risks. American Economic Review، 102(3)، 59-64.

10.Adrian، T.، & Brunnermeier، M. K. (2011). CoVaR (No. w17454). National Bureau of Economic Research.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

11.Banulescu، G. D.، & Dumitrescu، E. I. (2015). Which are the SIFIs? A Component Expected Shortfall approach to systemic risk. Journal of Banking & Finance، 50، 575-588.

12.Battiston، S.، Puliga، M.، Kaushik، R.، Tasca، P.، Caldarelli، G.، 2012b. Debtrank: Too central to fail? financial networks، the fed and systemic risk. Sci. Rep. 2

13.Benoit، S.، Colletaz، G.، Hurlin، C.، & Pérignon، C. (2013). A theoretical and empirical comparison of systemic risk measures. HEC Paris Research Paper No. FIN-2014-1030.

14.Billio، M.، Getmansky، M.، Lo، A. W.، & Pelizzon، L. (2012). Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. Journal of financial economics، 104(3)، 535-559.

15.Brunnermeier، M.K.، Pedersen، L.H.، 2009. Market liquidity and funding liquidity. Rev. Financ. Stud. 22 (6)، 2201–2238.

16.Caballero، J.، 2015. Banking crises and financial integration: insights from networks science. J. Int. Financ. Mark. Inst. Money 34، 127–146.

17.Chan-Lau، J.A.، 2010. Regulatory capital charges for too-connected-to-fail institutions: a practical proposal. financial markets. Inst. Instrum. 19 (5)، 355–379

18.De Bandt، O.، & Hartmann، P. (2000). Systemic risk: a survey.

19.Fender، I.، & McGuire، P. (2010). Bank structure، funding risk and the transmission of shocks across countries: concepts and measurement. BIS Quarterly Review، September.

20.Freixas، X.، Parigi، B.M.، Rochet، J.C.، 2000. Systemic risk، interbank relations، and liquidity provision by the central bank. J. Money Credit Bank. 32 (3)، 611–638.

21.Geanakoplos، J.، 2010. The leverage cycle. NBER Macroecon. Ann. 24، 1–65

22.Kritzman، M.، Li، Y.، Page، S.، Rigobon، R.، 2011. Principal components as a measure of systemic risk. J. Portfolio Manage. 37 (4)، 112–126.

23.Kuzubas¸ ، T.U.، Ömercikoglu، ˘ I.، Saltoglu، ˘ B.، 2014. Network centrality measures and systemic risk: an application to the Turkish financial crisis. Physica A 405، 203–215.

24.Minoiu، C.، Kang، C.، Subrahmanian، V.S.، Berea، A.، 2015. Does financial connectedness predict crises? Quant. Finance 15 (4)، 607–624.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]

25.Nier، E.، Yang، J.، Yorulmazer، T.، & Alentorn، A. (2007). Network models and financial stability. Journal of Economic Dynamics and Control، 31(6)، 2033-2060.

26.Soramäki، K.، Cook، S.، 2013. SinkRank: an algorithm for identifying systemically important banks in payment systems. Economics 7، 1–27.

27.Yellen، J. (2013). Interconnectedness and Systemic Risk: Lessons from the Financial Crisis and Policy Implications: a speech at the American Economic Association/American Finance Association Joint Luncheon، San Diego، California، January 4، 2013 (No. 631). Board of Governors of the Federal Reserve System (US).

28.Yun، T. S.، Jeong، D.، & Park، S. (2019). “Too central to fail” systemic risk measure using PageRank algorithm. Journal of Economic Behavior & Organization.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-07]