



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۷ / شماره ۲ (پیاپی ۶۶) / تابستان ۱۴۰۷
صفحه ۵۷۹ تا ۶۱۴

مدلسازی ریسک سیستمیک در نظام بانکی ایران مبتنی بر رویکرد مؤلفه اصلی بیزین (BPCA)

لیلا پیمان

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Leylapayman84@gmail.com

میرفیض فلاح شمس

دانشیار، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Mir.fallahshams@iauctb.ac.ir

شادی شاهوردیانی

استادیار، گروه مدیریت مالی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر قدس، ایران (نویسنده مسئول)

Shadishahverdiani@iau.ac.ir

مریم خلیلی عراقی

دانشیار، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

M.khaliliaraghi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

چکیده

در ادبیات نظری ریسک، تاکنون اقدامات بی‌شماری در خصوص کمی کردن ریسک سیستمیک مؤسسات مالی صورت پذیرفته است. بر این اساس طی دهه‌های اخیر، با توجه به ماهیت پیچیده نظام مالی و تعاریف مختلف ارائه شده از ریسک سیستمیک، معیارهای گوناگونی برای اندازه‌گیری ریسک سیستمیک ارائه شده است. به طوری که در حال حاضر حدود ۳۱ معیار مختلف برای اندازه‌گیری ریسک سیستمیک وجود دارد. وجود معیارهای مختلف اندازه‌گیری ریسک سیستمیک سبب شده تا در نتایج مطالعات مختلف تناقض ایجاد شود؛ بر این اساس ارائه روش شاخص‌های مبتنی بر قیمت، بنیادی و شبکه، شاخص ریسک سیستمیک ترکیبی پایدار ارائه شده است. جهت رسیدن به این هدف، شاخص‌های ریسک سیستمیک شامل ارزش در معرض خطر (VaR)، ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR)، تغییرات ارزش در معرض خطر شرطی (ΔCoVaR)، نسبت اهرم مالی (LVG)، ریسک سیستمیک اسمی ($\beta \times \text{MV}$)، ریسک سیستمیک (SRISK)، کسری مورد انتظار نهایی (MRES)، شاخص ریسک سیستمیک بر اساس دنباله ریسک مختص هر بانک و پیوند سیستمیک (رویکرد EVT) و معیارهای شبکه بین بانکی برای دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۴۰۱ محاسبه و سپس میزان توضیح‌دهندگی سنج‌های ریسک سیستمیک از تأثیرگذاری بحران‌ها بر بانک‌های منتخب در چارچوب روش‌های تحلیل مؤلفه اصلی بیزین (BPCA) مورد بررسی

قرار گرفت. برای این منظور از بین بانک‌های پذیرفته شده در بورس ایران، در مجموع از اطلاعات پیمایشی ۹ بانک شامل اقتصاد نوین، ملت، کارآفرین، تجارت، پارسیان، صادرات، پست بانک، سینا و پاسارگاد استفاده شد. بر اساس نتایج، شاخص ریسک سیستمیک ترکیبی مبتنی بر BPCA روندی صعودی در دوره مورد بررسی نشان می‌دهد که بیانگر افزایش آسیب‌پذیری نظام بانکی ایران در برابر شوک‌های سیستمیک است. همچنین نتایج تفکیکی نشان می‌دهد ریسک بازار عمدتاً نوسانی و تابع شوک‌های مقطعی است، در حالی که ریسک بنیادی و شبکه‌ای دارای روندی هم‌راستا و نسبتاً پایدارتر هستند. در رتبه‌بندی بانک‌ها نیز تفاوت معناداری میان ابعاد مختلف ریسک مشاهده شده و بانک‌های ملت و صادرات در شاخص کل در بالاترین سطح ریسک سیستمیک قرار دارند، در حالی که در بعد شبکه‌ای بانک‌های اقتصاد نوین و پارسیان نقش پریسک‌تری در انتقال ریسک ایفا می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: ریسک سیستمیک، نظام بانکی ایران، روش مؤلفه اصلی بیزین (BPCA).

۱- مقدمه

نظام بانکی، به‌عنوان مهم‌ترین رکن مالی، نقش کلیدی در تأمین مالی و رشد اقتصادی ایفا می‌کند؛ در نتیجه، آسیب‌پذیری بانک‌ها به معنای آسیب‌پذیری اقتصاد است (حکمتی و همکاران، ۱۳۹۷). به دلیل تعامل بخش مالی و حقیقی، اقتصاددانان معاصر تأکید می‌کنند که بانک‌های مرکزی علاوه بر ثبات تورم و رشد اقتصادی باید بر ثبات مالی نیز متمرکز شوند. تدوین سیاست‌های متناسب با شرایط، رسیدگی به موضوع ریسک‌های نظام مالی را می‌طلبد. ریسک در یک نظام مالی فراتر از مجموع ریسک‌های منحصر به فرد هر مؤسسه است و شامل ترکیب اجزای بااهمیت است که تحت عنوان ریسک سیستمیک شناخته می‌شود که به‌صورت درون‌زا از رفتار جمعی ناشی می‌شود. به‌عنوان مثال، بحران سال ۲۰۰۸، نمادی از انتقال ریسک از یک بانک به سایر بانک‌ها بوده است (برونمایر و کریشنامورتی^۱، ۲۰۱۹). این بحران نشان داد در صورتی که به ریسک سیستمیک در بازارهای مالی توجه نشود، خسارت جبران‌ناپذیری به بخش مالی و حقیقی اقتصاد وارد می‌شود. با توجه به این که بازارهای مالی در کانون بحران مالی اخیر قرار داشته‌اند، توجه نهادهای نظارتی به این بازارها بسیار سخت‌گیرانه‌تر شده که شواهد آن قوانین سخت‌گیرانه بال^۲، قوانین ولکر^۳ و داد فرانک^۴ آمریکا، قوانین ویکرز^۵ و بنک لوی^۶ انگلستان و پیشنهادهای لیکانن^۶ برای اروپا است (برونمایر و کریشنامورتی، ۲۰۲۰).

در اقتصاد ایران، وابستگی بانک‌ها به تأمین مالی کوتاه‌مدت و انباشت دارایی‌های منجمد، چالش‌هایی مانند اعسار نقدینگی و ترازنامه‌ای به وجود آورده که وابستگی شبکه بین‌بانکی و ریسک سیستمیک را تشدید کرده است (گوهریفر و همکاران، ۱۴۰۰). بانک‌ها با تخصیص منابع مالی نقش مهمی در اقتصاد و بازارهای مالی دارند، در

1 -Brunnermeier & Krishnamurthy

2 -Volcker rules

3 -Dodd-Frank Act

4 -Vickers

5 -Bank levy

6 -Liikanen proposals

حقیقت بانک‌ها با این اقدام به‌عنوان واسطه‌گرهای مالی عمل می‌کنند. همچنین بانک‌ها استخر نقدینگی هستند و این نقدینگی را از طریق سررسید ارقام ترازنامه ایجاد می‌کنند. بانک‌ها علاوه بر اینکه به‌طور مستقیم در ارتباط با یکدیگر هستند به‌طور غیرمستقیم و از طریق دارایی‌های مشترک در معرض آسیب‌پذیری‌های مشترک نیز قرار دارند. موضوعی که سبب می‌شود سیکل‌های قیمتی دارایی‌ها و وثیقه‌های غیر نقد مانند بخش مسکن و مستغلات، ترازنامه کل شبکه بانکی را تحت تأثیر قرار دهد و حلقه‌های بازخوردی بین بهای دارایی و نقش اهرمی بانک‌ها به‌عنوان دیگر بعد ریسک سیستمیک در نظام مالی ایجاد شود (گرینوود و همکاران، ۲۰۱۵). از این‌رو سیاست‌گذاران به نظارت و اندازه‌گیری ریسک سیستمیک توجه ویژه‌ای دارند. با توجه به بحران‌های مالی به وجود آمده در جوامع امروزی و خصوصاً ایران، اهمیت بررسی انواع ریسک‌ها به‌ویژه ریسک سیستمیک و تأثیر آن‌ها روی بانک‌ها و مؤسسات مالی، نسبت به گذشته دو چندان شده است. قبل از بحران مالی جهانی، مقررات احتیاطی عمدتاً بر مسائل سلامت مؤسسات مالی تأکید می‌کردند؛ با این حال عملکرد مؤسسات مالی طی بحران مالی، علاقه به درک ریسک سیستمیک را افزایش داد. سیاست‌گذاران متوجه شدند که نه تنها احتمال شکست بانک‌ها بر ثبات مالی مهم است بلکه شکست بانک‌ها به‌طور همزمان رخ می‌دهد. مشکل در ارزیابی نتایج احتمالی سقوط بازار، روابط متقابل مؤسسات مالی است و همچنین توجه به این موضوع که همبستگی در بازارهای مالی در سقوط بازار قوی‌تر از رونق بازار است (وان اوردت و ژو^۱، ۲۰۱۹). بنابراین مهم است که روشی برای محاسبه ریسک سیستمیک استفاده شود که این جنبه‌ها را در نظر بگیرد. طی چند دهه گذشته، اقدامات بی‌شماری برای کمی کردن میزان ریسک سیستمیک مؤسسات مالی در مطالعات ارائه‌شده است (بیسایاس و همکاران^۲، ۲۰۱۲). لیکن نتایج رتبه‌بندی نهادهای مالی بر اساس این معیارها در مطالعات مختلف نشان‌دهنده وجود تناقض و تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده است. به‌عنوان مثال بر اساس مطالعه فاگلیا و آنجلینی^۳ (۲۰۲۱) رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌های ریسک سیستمیک مختلف در برخی دوره‌های زمانی با یکدیگر در تناقض هستند مثلاً بانکی که بر اساس شاخص VaR رتبه بالاتری در ریسک سیستمیک دارد ممکن است بر اساس شاخص‌های دیگر دارای رتبه کمتری از بعد ریسک سیستمیک باشد. دانیلسون و همکاران^۴ (۲۰۱۶) اشاره می‌کنند که مبانی نظری و مدل‌های ضعیفی در اندازه‌گیری ریسک سیستمیک (SRM) وجود دارد؛ لذا هر ابزاری فقط می‌تواند روی جنبه خاصی از ریسک سیستمیک متمرکز شود و تحلیل و رتبه‌بندی این نتایج بر اساس این معیارها ممکن است خالی از ایراد نباشد. در این مطالعه پیشنهاد شده که رویکرد تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی می‌تواند رتبه‌بندی پایداری از ریسک سیستمیک را ارائه دهد (فانگ و همکاران^۵، ۲۰۱۸). با توجه به موارد بیان شده و لزوم ارائه روش اندازه‌گیری واحد که مورد توافق همگان باشد، مطالعه حاضر در صدد است با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر قیمت، بنیادی و شبکه و به کارگیری روش تحلیل

1 - Van Oordt & Zhou

2 Bisias et al.

3 -Foglia & Angelini

4 Danielsson et al.

5 Fang et al

مؤلفه اصلی بیزین (BPCA)، به مدلسازی ریسک سیستمیک در نظام بانکی ایران پرداخته و شاخص ریسک سیستمیک ترکیبی پایدار و قابل اعتماد را برای نظام بانکی ایران ارائه نماید.

۲- ادبیات و پیشینه تحقیق

بحران مالی جهانی ۲۰۰۸ نشان داد که شکست یک یا چند موسسه مالی می‌تواند از طریق کانال‌های مختلف به کل نظام مالی و اقتصاد حقیقی سرایت کند (Brunnermeier & Krishnamurthy, 2020). این پدیده که «ریسک سیستمیک» نامیده می‌شود، از آن‌جا ناشی می‌شود که موسسات مالی از طریق بازارهای مشترک، پیوندهای بین بانکی و رفتارهای همگرا به هم مرتبط اند. پس از بحران مالی ۲۰۰۸، نظارت بر این ریسک اولویت سیاست‌گذاران شد. بر اساس تعریف بلیو و همکاران (۲۰۱۲)^۱، ریسک سیستمیک شامل هرگونه شرایطی است که ثبات یا اعتماد عمومی را در نظام مالی تهدید کند. طبق تعریف بانک مرکزی اروپا (۲۰۱۰)^۲، این ریسک به معنای بی‌ثباتی مالی و گسترش شرایطی است که عملکرد نظام مالی را مختل کرده و به رشد و رفاه اقتصادی آسیب می‌زند. دیویدف و همکاران (۲۰۲۱)^۳ ریسک سیستمیک را به طور کلی «شکندگی جمعی مؤسسات مالی» تعریف می‌کنند که بازتاب‌دهنده وضعیت دارایی‌ها، کفایت سرمایه، اندازه و پیوند آن‌ها با کل سیستم مالی است.

در دو دهه اخیر، معیارهای متعددی برای کمی‌سازی این ریسک ارائه شده است؛ از جمله مطالعات آچاریا و همکاران (۲۰۱۲)^۴، آدریان و برونمایر (۲۰۱۶)^۵ و برونلس و انگل (۲۰۱۷)^۶. با این حال، بیسیاس و همکاران (۲۰۱۲)^۷ به وجود بیش از ۳۱ معیار مختلف اشاره دارند که گاهی نتایج متناقضی ارائه می‌دهند. فaglia و آنجلینی (۲۰۲۱)^۸ نشان دادند که رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌هایی مثل VaR ممکن است با نتایج سایر شاخص‌ها همخوانی نداشته باشد.

همچنین، دانیلسون و همکاران (۲۰۱۲؛ ۲۰۱۶)^۹ و فانگ و همکاران (۲۰۱۸)^{۱۰} بر مبانی نظری ضعیف روش‌هایی مانند CoVaR، SRISK و LVG تاکید کرده و معتقدند این ابزارها در ارائه رتبه‌بندی قابل اعتماد برای اهداف نظارتی محدودیت دارند. پوک‌توان‌توگ و رول (۲۰۰۹)^{۱۱} نیز اشاره کردند که مدل CAPM- β به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های بازار قرار می‌گیرد. وان اوردت و ژو (۲۰۱۹)^{۱۲} با بکارگیری تئوری ارزش حدی (EVT) برای برآورد ضریب بتای بازده سهام، نشان دادند که این روش برای ارزیابی زیان‌های شدید در هنگام سقوط بازار بسیار کارآمد است. مزیت اصلی این رویکرد، امکان تجزیه شاخص ریسک سیستمیک به دو بعد «ریسک دنباله» و «پیوند

¹ Billio, M., et al.

² European Central Bank. (2010). Financial Stability Review.

³ Davydov, D., et al

⁴ Acharya, V. V., et al

⁵ Adrian, T., & Brunnermeier.

⁶ Brownlees, C., & Engle

⁷ Bisias, D., et al.

⁸ Faglia, J., & AngeliniG

⁹ Danielsson, J., et al.

¹⁰ Fang, H., et al

¹¹ Pukthuanthong, K., & Roll,

¹² Van Oordt, M. R., & Zhou

سیستمیک» است که ارتباط میان مقررات خرد و کلان احتیاطی را آشکار می‌سازد. پژوهشگران دیگری نظیر جیلی (۲۰۰۶)^۱، ژو (۲۰۰۹)^۲ و دی کلمنته (۲۰۱۸)^۳ نیز از EVT برای محاسبات مشابه استفاده کرده‌اند. در سال‌های اخیر، رویکردهای نوین نظیر تحلیل شبکه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. مثل و ده لوئر (۲۰۱۷)^۴ معتقدند اگرچه این روش اثرات غیرمستقیم و حلقه‌های بازخورد را در نظر می‌گیرد، اما به دلیل اتکا به همبستگی‌های دوبه‌دو، الگوهای متفاوتی نسبت به روش‌های سنتی ایجاد می‌کند. برای حل این چالش، استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) توسط نوسرا و همکاران (۲۰۱۶)^۵ پیشنهاد شده است که با ترکیب معیارهای بازار و بنیادی، شاخص پایداری برای شناسایی مؤسسات مالی سیستمی مهم (SIFIS) ارائه می‌دهد. در نهایت، روش‌های پیشرفته‌تری مثل تحلیل مؤلفه اصلی بیزین (BPCA) مسیر را برای ارائه مدل‌های جامع‌تر هموار کرده‌اند. تاکنون مطالعات گوناگونی در خصوص مدلسازی ریسک سیستماتیک در بخش بانکی هم در داخل و هم در خارج از کشور انجام شده است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود.

فرزین‌وش و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی ریسک سیستمیک در شبکه بانکی ایران توسط معیار ΔCoVaR پرداختند. در این تحقیق با استفاده از معیار مذکور به ارزیابی ریسک سیستمیک در بخش بانکداری ایران پرداخته شده است. برای این منظور از اطلاعات ۱۷ بانک پذیرفته‌شده در بورس ایران استفاده شد. نتایج نشان داد که ΔCoVaR برای بانک خاورمیانه بیشترین مقدار و برای بانک سرمایه کمترین مقدار را دارد. این نتایج بیانگر آن است که بحران یا اختلال در بانک خاورمیانه از بین سایر بانک‌ها بیشترین تأثیر را بر سیستم مالی تحمیل می‌کند و بانک سرمایه کمترین تأثیر را دارد.

ابریشمی و همکاران (۱۳۹۸) به تأثیرپذیری ریسک بانک‌ها و مؤسسات مالی از یکدیگر و ضرورت توجه به ریسک سیستمیک بخش بانکی پرداختند. در این راستا میزان ریسک بر مبنای سه معیار CoVaR ، MES و SRISK برای بانک‌های فعال در بازار سرمایه محاسبه شد. نتایج نشان داد که ارزش در معرض خطر هر بانک بر معیارهای CoVaR و MES تأثیر مثبت دارد اما برخلاف آنچه در ادبیات بانکی برای بانک‌های بزرگ مطرح می‌شود، ریسک سیستمیک تنها معطوف به بانک‌های بزرگ نبوده و بانک‌های کوچک نیز در پیدایش و گسترش این ریسک نقش دارند.

عیوضلو و رامشک (۱۳۹۸) به اندازه‌گیری ریسک سیستمیک و رتبه‌بندی بانک‌ها با استفاده از معیار MES و CoVaR پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که در سنجش ریسک سیستمیک بین بانک‌های تجاری دو روش مذکور نتایج مشابه ارائه می‌کنند. بر این اساس در این مطالعه با استفاده از شاخص صنعت بانکداری و با به‌کارگیری مدل‌های آستانه‌ای خودهمبستگی برداری به تعریف یک آستانه به‌منظور مدل‌سازی بحران پرداخته شده است.

¹ Gilli² Zhou.³ Di Clemente⁴ Mechell, C. W., & Van de Luer.⁵ Nucera, F., et al

براتی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی ریسک سیستمیک بحران مالی در نظام بانکی ایران با رویکرد ΔCoVaR و MES پرداختند. در این مطالعه ابتدا شاخص‌های ریسک فراگیر بحران مالی با استفاده از شاخص ΔCoVaR محاسبه و سپس سرایت‌پذیری ریسک با استفاده از روش ARFIMA - FIGARCH مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که وضعیت ریسک سیستمیک در نظام بانکی ایران غیر نرمال بوده که این امر به دلیل وضعیت اهرمی بانک‌ها می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد که بخش‌های مختلف مالی ملزم به در نظر گرفتن سرمایه کافی برای ریسک سیستمیک هستند تا از این طریق از ورشکستگی بخش‌های بااهمیت در سیستم مالی جلوگیری شود.

آسایش و همکاران (۱۳۹۹)، به تبیین مدل ریسک سیستمیک با استفاده از معیار MES در بانک‌های ایران پرداختند. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که ریسک سیستمیک بر اساس معیار MES را می‌توان به دو زیر دوره ۹۴-۱۳۹۲ و ۹۷-۱۳۹۵ تقسیم‌بندی کرد. در زیر دوره اول، سطح ریسک سیستمیک به‌طور معناداری بالاتر از سطح ریسک سیستمیک در زیر دوره دوم است، اما با گذر زمان، میزان ریسک در زیر دوره دوم، به‌طور متوسط به حدود یک‌دوم مقادیر زیر دوره اول می‌رسد.

نمکی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی تاثیر ویژگی‌های ساختار شبکه سیستم بانکی بر ریسک سیستمی بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس ایران پرداختند. در این پژوهش اثر ویژگی‌های توپولوژی ساختار شبکه بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بر ریسک سیستمیک آن‌ها با استفاده از بازده روزانه سهام بانک‌ها طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۲ بررسی شده است. در این مطالعه ابتدا به اندازه‌گیری و تجزیه شاخص ریسک سیستمیک با استفاده از نظریه ارزش فرین پرداخته شده و سپس این شاخص به دو بعد ریسک دنباله و پیوند سیستمیک تجزیه شده است. سپس شبکه بین بانک‌های پذیرفته شده در صنعت بانکی بورس اوراق بهادار تهران بر اساس همبستگی‌های شرطی پویا (DCC) با استفاده از روش درخت مینیمم پوشا (MST) ایجاد و ویژگی‌های توپولوژی ساختار این شبکه اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج این پژوهش، بانک‌های پست‌بانک، تجارت و صادرات به ترتیب دارای بیشترین و بانک‌های کارآفرین و اقتصادنویین دارای کمترین مقدار ریسک سیستمیک می‌باشند.

آدریان و برونمایر (۲۰۱۶) یک روش جدید برای اندازه‌گیری ریسک سیستمیک معرفی کردند که به نام CoVaR معروف شد. آن‌ها پویایی‌های مشترک بازدهی سهام مؤسسات مالی انفرادی با سیستم مالی را با استفاده از روش رگرسیون کوانتیل مدل‌سازی کردند. بدین منظور آن‌ها با معرفی اختلاف بین CoVaR مشروط بر بحرانی بودن شرایط مؤسسه مالی انفرادی با CoVaR مشروط بر نرمال بودن شرایط مؤسسه مالی انفرادی، سهم هر مؤسسه مالی در ایجاد ریسک سیستمی را تعریف نمودند. اختلاف بین این دو CoVaR با عبارت ΔCoVaR معرفی گردید. این محققان با محاسبه ریسک سیستمی از طریق ΔCoVaR دریافتند که در بعد سری زمانی، ارتباط بسیار قوی‌ای بین ارزش در معرض ریسک هر مؤسسه مالی با ΔCoVaR مربوط به آن مؤسسه وجود دارد درحالی‌که در بعد مقطع عرضی، ارتباط بین این دو متغیر ضعیف برآورد گردید.

دیویدوف و همکاران (۲۰۱۶) به برآورد ریسک سیستمیک تحت شرایط بازار نامساعد پرداختند. بدین منظور از اطلاعات آماری فصلی سیستم بانکی آمریکا در بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۱ استفاده شد. در این مطالعه با رویکردی

جدید به ارزیابی پیامدهای نامساعد شدید در بازارهای مالی پرداخته شده است. بر پایه نتایج، مشکل در نتایج احتمالی در سقوط بازار این است که روابط متقابل مؤسسات مالی در شرایط نامساعد تغییر می‌کند. لذا با استفاده از برآوردکننده βT ، اندازه‌گیری وابستگی شاخص بازار و بازده سهام، با یک اندازه‌گیری وابستگی دنباله جایگزین شد. در این مطالعه، روش EVT برای برآورد مدل دنباله خطی براساس تعداد کمی از مشاهدات پیشنهاد گردید. شبیه‌سازی نشان داد که خطای میانگین مربع این روش برآورد، کمتر از رگرسیون شرطی است.

فانگ و همکاران (۲۰۱۸)، در مطالعه خود، پنج شاخص متداول ریسک سیستمیک را مقایسه و مدل تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) را برای ارائه رتبه‌بندی ترکیبی و پایدار ریسک سیستمیک طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۶ برای بانک‌های چین ارائه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که پنج روش ارائه شده، دارای نتایج رتبه‌بندی کاملاً متفاوتی هستند، اما اندازه‌گیری ریسک سیستمیک ترکیبی بر اساس PCA رتبه‌بندی پایدارتری را ارائه می‌دهد. علاوه بر این، باتوجه به بارگذاری فاکتور مؤلفه اصلی، رتبه‌بندی ترکیبی عمدتاً بر اساس شاخص‌های بنیادی است؛ لذا مشخص شد که رتبه‌بندی مبتنی بر قیمت به‌مثابه شاخص‌های بنیادی، عملی نیستند.

لان و همکاران^۱ (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با موضوع اندازه‌گیری ریسک سیستمیک در صنایع مالی چین طی دوره پاندمی کووید ۱۹ با روش CoVaR شرطی نشان دادند که پس از شیوع این بیماری، ریسک سیستمیک صنعت مالی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است؛ همچنین تأثیر این بیماری بر ریسک سیستمیک صنعت بانکداری و بیمه بیشتر از صنایع دیگر بوده است.

فاگلیا و آنجلینی (۲۰۲۱) معیار جدیدی از ریسک سیستمیک را بر اساس تجزیه و تحلیل چندبعدی ارائه نموده‌اند. این ریسک سیستمیک از دو مؤلفه متفاوت زمان و مقطع تشکیل شده است. اولین مؤلفه به تجمع ریسک بانکی و تعامل آن با چرخه‌های تجاری اشاره دارد و مؤلفه دوم، بر تمرکز سطح بالای ریسک مؤسسات مالی مربوط است. لذا با کمک تجزیه و تحلیل تاکر، اندازه‌گیری جدیدی از ریسک سیستمیک بر اساس این دو مؤلفه حاصل شد؛ ضمن آن که، بانک‌های مهم از نظر ریسک سیستمیک شناسایی شدند. برای این منظور، شاخص‌های MES، SRISK و COVAR بر اساس نمونه‌ای از بانک‌های منطقه یورو برای دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که چگونه شاخص‌های ریسک سیستمیک، طبقه‌بندی متفاوتی از ریسک سیستمیک ارائه می‌دهند؛ این یافته‌ها، شکنندگی و وابستگی ساختاری شاخص‌های اندازه‌گیری ریسک را به اثبات رساند؛ بر این اساس توصیه شد شاخص‌های انفرادی برای رتبه‌بندی به کار گرفته نشوند. لذا با استفاده از تجزیه تحلیل فاکتوریل سه‌طرفه، در این مطالعه نشان داده شد که چگونه شاخص طراحی شده برای ریسک سیستمیک، نمره و رتبه پایدارتری ارائه می‌دهد.

جمع‌بندی مطالعات صورت گرفته نشان از این امر دارد که در اغلب مطالعات با رویکردهای مختلفی نسبت به اندازه‌گیری انواع ریسک از جمله ریسک سیستمیک پرداخته شده است. با این حال در مطالعاتی که ریسک سیستمیک با شاخص‌های متداول اندازه‌گیری شده، در نهایت ناهمگونی نتایج و رتبه‌بندی نهادهای مالی به اثبات

1- Lan et al.

رسیده است. لذا این امر می‌تواند به‌عنوان یکی از خلأهای مطالعاتی در این حوزه مطرح باشد. بر این اساس این سؤال مطرح می‌شود که به‌واقع چگونه می‌توان بانک‌ها را بر اساس ریسک سیستمیک به شکلی پایدارتر رتبه‌بندی نمود؟ با توجه به این موضوع، هدف از این مطالعه، محاسبه شاخص ریسک سیستمیک با رویکردهای گوناگون، ارائه شاخص کلی ریسک با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بیزین (BPCA) و در نهایت رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص کلی ریسک ارائه شده به‌منظور دستیابی به نتایج پایدارتر در کمی‌سازی ریسک است.

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه ۱) نتایج رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌های متداول ریسک سیستمیک در کشور متفاوت و ناهمگون است.

فرضیه ۲) رتبه‌بندی ترکیبی بانک‌ها با روش BPCA نتایج دقیق‌تری از وضعیت ریسک سیستمیک در بخش بانکی کشور ارائه می‌دهد.

۳- روش پژوهش

در این قسمت با توجه به ماهیت چندبعدی ریسک سیستمیک، جهت دستیابی به اهداف، ابتدا نحوه اندازه‌گیری شاخص‌های ریسک سیستمیک برای بانک‌های منتخب طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۱ به شرح جدول (۱) بر اساس ادبیات فانگ و همکاران (۲۰۱۸) مطرح می‌گردد. در ادامه نیز بررسی میزان توضیح‌دهندگی سنجه‌های ریسک سیستمیک از تأثیرگذاری بحران‌ها بر بانک‌های منتخب و رتبه‌بندی بانک‌ها با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی بیزین (BPCA) شرح داده می‌شود. در نهایت نیز به قلمرو تحقیق، جامعه آماری، نحوه جمع‌آوری اطلاعات و روش نمونه‌گیری اشاره خواهد شد.

شایان ذکر است که در مطالعه حاضر به‌منظور شفاف‌سازی نحوه رتبه‌بندی بانک‌ها، ابتدا سنجه‌های ریسک سیستمیک در سه دسته «بازاری»، «بنیادی» و «شبکه‌ای» طبقه‌بندی شدند. سپس، برای هر یک از این ابعاد، شاخص ترکیبی مربوطه با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بیزی (BPCA) استخراج گردید. در این مرحله، مؤلفه اول به‌عنوان نماینده شاخص ترکیبی هر بعد در نظر گرفته شد. در ادامه، به‌منظور رتبه‌بندی بانک‌ها در هر یک از ابعاد سه‌گانه، از مقادیر شاخص‌های ترکیبی محاسبه‌شده استفاده و بانک‌ها بر اساس شدت ریسک (از بیشترین به کمترین) مرتب شدند. همچنین، برای محاسبه شاخص کل ریسک سیستمیک، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بیزین (BPCA) استفاده شد. در این رویکرد، کلیه سنجه‌های ریسک به‌صورت همزمان در مدل وارد شده و با لحاظ عدم قطعیت و همبستگی میان متغیرها، یک شاخص تجمیعی استخراج گردید. رتبه‌بندی نهایی بانک‌ها نیز بر اساس این شاخص کل انجام شده است.

جدول ۱- سنجه‌های در نظر گرفته شده برای محاسبه شاخص ریسک سیستمیک و اجزای آن

شاخص ریسک سیستماتیک	سنجه‌ها
حاصل از کل سنجه‌ها	ارزش در معرض خطر (VaR)، ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR)، تغییرات ارزش در معرض خطر شرطی (ΔCoVaR)، نسبت اهرم مالی (LVG)، ریسک سیستمیک اسمی ($\beta \times \text{MV}$)، ریسک سیستمیک (SRISK)، کسری مورد انتظار نهایی (MRES)، شاخص ریسک سیستمیک بر اساس دنباله ریسک مختص هر بانک و پیوند سیستمیک (رویکرد EVT) و تحلیل شبکه
بازاری	ارزش در معرض خطر (VaR)، ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR)، تغییرات ارزش در معرض خطر شرطی (ΔCoVaR)، کسری مورد انتظار نهایی (MRES)، شاخص ریسک سیستمیک بر اساس دنباله ریسک مختص (رویکرد EVT)
بنیادی	نسبت اهرم مالی (LVG)، ریسک سیستمیک اسمی ($\beta \times \text{MV}$)، ریسک سیستمیک (SRISK)
شبکه‌ای	تحلیل شبکه بازار بین بانکی (معیارهای بینابینی و نزدیکی گره‌های شبکه) و پیوند سیستمیک

۳-۱ ارزش در معرض خطر (VaR)

ارزش در معرض خطر (VaR) یک معیار اندازه‌گیری ریسک سیستمیک مبتنی بر قیمت است و حداکثر زیان مورد انتظار را برای یک موقعیت سرمایه‌گذاری خاص در سطح اطمینان مشخص تخمین می‌زند. هدف از محاسبه ارزش در معرض خطر، هشدار به سرمایه‌گذاران در مورد حداکثر زیان بالقوه و احتمالی است که می‌تواند در آینده اتفاق بیفتد. در مطالعه حاضر، همانند مطالعه آدریان و شین^۱ (۲۰۱۴)، VaR به عنوان یک معیار غیرمستقیم کمی سازی ریسک سیستمیک بانک‌ها در نظر گرفته شده است. این محققان معتقدند که با VaR می‌توان ریسک‌های محیطی بانک‌ها را در گذشته نه چندان دور نشان داد؛ به عبارت دیگر بالا بودن این معیار تنگنای مالی را در ترازنامه بانک‌ها نشان می‌دهد؛ بنابراین چنانچه این معیار در طول زمان افزایش یابد، اوجگیری بحران اعتباری را برای بانک‌ها به دنبال خواهد داشت. برای محاسبه معیار VaR می‌توان از رابطه ذیل استفاده کرد:

$$VaR = P(r_i^t \leq VaR_{q,t}^i) = q \quad (1)$$

در رابطه بالا، r_i^t بیان‌گر بازده سهام بانک i در زمان t است و $VaR_{q,t}^i$ ارزش در معرض خطر بانک i را در دوره t در سطح اطمینان q نشان می‌دهد. ارزش در معرض خطر بانک i در دوره t نشان می‌دهد که با احتمال q درصد بازده بانک دچار زیان کمتر از VaR خواهد شد و $(1-q)$ درصد نیز احتمال وجود دارد که بازده بانک از این مقدار کمتر باشد (فانگ و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعه حاضر q معادل ۵ درصد و t فصلی (سه ماه) در نظر گرفته شده است.

1 - Adrian & Shin

۳-۲ ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR) و ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی (ΔCoVaR)

ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR) یکی از سنجش‌های ریسک سیستمیک است که نشان می‌دهد حداکثر مقدار ضرر یک دارایی با احتمال q درصد (سطح اطمینان) چقدر می‌باشد (حسینی‌مقدم، ۱۴۰۱). برآورد CoVaR برای سیستم بانکی، با این فرض است که سیستم بانکی در تنگنای مالی^۱ است. بر این اساس CoVaR_t^{ilm} را می‌توان به عنوان VaR بانک i مشروط به سیستم بانکی m در دوره t تعریف نمود (آدریان و برونمایر، ۲۰۱۶). با توجه به آن که در مطالعه حاضر هدف بررسی ریسک سیستمیک در بخش بانکداری ایران است، لذا m بیان‌گر کل سیستم بانکی ایران و i نیز نشان دهنده بانک موردنظر خواهد بود. در این پژوهش برای محاسبه معیار CoVaR از رابطه ذیل استفاده شده است:

$$P\left(r_t^i \leq -\text{CoVaR}_t^{ilm}(q_1, q_2) | r_t^m \leq -\text{VaR}_t^m(q_2)\right) = q_1 \quad (2)$$

در رابطه بالا، q_1 و q_2 به ترتیب بیان‌گر سطوح اطمینان بانک i و سیستم بانکی m هستند. شایان ذکر است که سطوح اطمینان در مطالعه حاضر ۵ درصد در نظر گرفته شده است. در پژوهش حاضر با توجه به روش بیان شده در خصوص محاسبه معیار CoVaR ، برای محاسبه ΔCoVaR نیز از رابطه ذیل استفاده شده است:

$$\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{ilm}(q_1, q_2) = \text{CoVaR}_{q,t}^{ilm}(q_1, q_2) - \text{CoVaR}_{q,t}^{ilm}(q_1, s) \quad (3)$$

در رابطه بالا s نشان‌گر سطح اطمینان معیار i و بیان‌گر احتمال انحراف استاندارد از میانگین شرطی است. $\text{CoVaR}_t^{ilm}(q_1, q_2)$ با انتگرالگیری دوگانه به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$\int_{-\infty}^{-\text{CoVaR}_t^{ilm}(q_1, q_2)} \int_{-\infty}^{-\text{VaR}_t^m(q_2)} pdf_t(x, y) dx dy = q_1 q_2 \quad (4)$$

(فانگ و همکاران، ۲۰۱۸). شایان ذکر است که در مطالعه حاضر با پیروی از مطالعه براتی و همکاران (۱۳۹۹)، برای محاسبه معیارهای ریسک مذکور از مدل‌های واریانس شرطی استفاده می‌گردد.

۳-۳ محاسبه شاخص ریسک سیستمیک بر اساس دنباله ریسک مختص هر بانک و پیوند سیستمیک

محاسبه شاخص ریسک سیستمیک B_i^T یکی از روش‌هایی است که تجزیه ریسک سیستمیک را میسر می‌کند؛ در مطالعه حاضر برای اندازه‌گیری B_i^T از روش معرفی‌شده توسط ون اوردت و ژو (۲۰۱۹) استفاده خواهد شد. در این روش شاخص ریسک سیستمیک بر اساس دنباله ریسک مختص هر بانک و پیوند سیستمیک به شوک شدید در سیستم مالی تجزیه می‌شود. از آنجا که ریسک سیستمیک در ادبیات بانکی به شوک‌های بزرگ و نامطلوب در

1 - Financial Distress

سیستم مالی اشاره دارد و به وقوع روزمره نوسانات کوچک مرتبط نیست، بنابراین، ریسک سیستمیک برای هر بانک با رگرس کردن بازده سهام روزانه بانک بر روی شاخص وزنی بازدهی سیستم مالی تحت شرایط شوک‌های شدید در بازار حاصل می‌شود؛ که البته این مقدار باید کمتر از ارزش در معرض خطر سیستم مالی باشد.

$$R_i = B_i^T R_m + \varepsilon_i \quad \text{for } R_m < -VaR_a \quad (5)$$

در رابطه بالا، VaR بیان‌گر ارزش در معرض خطر در سیستم مالی با احتمال α است. ضمن آن که R_i بازده سهام بانک و R_m شاخص وزنی بازدهی موسسات مالی را نشان می‌دهد. B_i^T نیز مربوط به ریسک سیستمیک بانک i است. هر چه B_i^T بالاتر باشد نشان می‌دهد که بانک i در دوره بحران بازار، زیان بیشتری را متحمل می‌شود. چنانچه برای برآورد ریسک سیستمیک از α معادل ۵ درصد استفاده شود، به دلیل کمی مشاهدات در دنباله توزیع، ممکن است برآوردها از قابلیت اطمینان لازم برخوردار نباشند. برای حل این مشکل، ون اوردت و ژو (۲۰۱۹) تئوری ارزش حدی (EVT) را برای تخمین ریسک سیستمیک پیشنهاد نمودند. نظریه ارزش حدی بر دنباله توزیع متمرکز است و بر این اساس اگر برآوردکننده B_i^T فقط بر اساس مشاهدات کم دنباله انجام شود، برآوردکننده B_i^T دارای میانگین خطای مربع کوچکتر از رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) خواهد بود. با توجه به موارد بیان شده B_i^T را می‌توان به صورت رابطه ذیل بیان نمود:

$$B_i^T = \lim_{a \rightarrow \infty} \tau_i(a)^{1/\xi_m} \frac{VaR_i(a)}{VaR_m(a)} \quad (6)$$

در رابطه بالا ξ_m شاخص دنباله بازار است و $\tau_i(a)$ وابستگی بین بازده سهام بانک i و شاخص بازار را نشان می‌دهد. $\tau_i(a)$ را می‌توان با استفاده از رابطه ذیل محاسبه نمود:

$$\tau_i(a) = \Pr(R_i < -VaR_i(p) | R_s < -VaR_s(p)) \quad (7)$$

یافته‌های ون اوردت و ژو (۲۰۱۹) نشان داد که پارامترهای رابطه بالا را می‌توان با استفاده از EVT با استفاده توزیع‌های با دم سنگین^۱ تخمین زد. آن‌ها B_i^T را با ترکیب برآوردهای دو جزء فرعی آن برآورد نمودند. چنانچه ناحیه دم به عنوان کمترین بازده سهام n تعریف شود، B_i^T را می‌توان به صورت زیر تخمین زد:

$$\beta_i^T = \tau_i\left(\frac{n}{T}\right)^{1/\xi_m} \frac{VaR_i(n/T)}{VaR_m(n/T)} \quad (8)$$

1 -Heavy - Tailed Distribution

در رابطه بالا، شاخص دنباله بازار ξ_m با استفاده از روش پیشنهاد شده توسط هیل^۱ (۱۹۷۵) تخمین زده می‌شود. معیار VaR نیز از طریق کمترین بازده روزانه سهام بانک و بازده شاخص سیستم مالی برآورد می‌شود. از سوی دیگر $\tau_i(n/T)$ به صورت ناپارامتریک با استفاده از روش پیشنهاد شده توسط امبرجتس و همکاران^۲ (۲۰۰۰) تخمین زده می‌شود. در نهایت T تعداد مشاهدات مربوط به بازده روزانه را در هر دوره برآورد نشان می‌دهد. همان گونه که از رابطه (۸) قابل مشاهده است β_i^T از دو جزء تشکیل شده است. جزء اول $\tau_i\left(\frac{n}{T}\right)^{1/\xi_m}$ است که ارتباط سیستمیک هر یک از بانک‌ها را با شوک‌های شدید اتفاق افتاده در سیستم مالی اندازه‌گیری می‌کند. این جزء را می‌توان به عنوان نسبت ریسک دنباله بانک i که با شوک‌های شدید بازار همراه است تفسیر کرد. جزء دوم $\frac{VaR_i(n/T)}{VaR_m(n/T)}$ است که بیان‌گر نسبت ارزش در معرض خطر بانک i ام به ارزش در معرض خطر کل سیستم مالی است. این جزء سطح ریسک دنباله بانک i را اندازه‌گیری می‌کند و صرفاً نسبت بین VaR بانک i و VaR کل بخش مالی است. هر چه این نسبت بالاتر باشد، ریسک دنباله بانک i نسبت به شاخص موسسات مالی بیشتر است. هر چه این نسبت بالاتر باشد، میزان خطر و احتمال نکول در بانک i نسبت به موسسات مالی نیز بالاتر خواهد بود. با گرفتن لگاریتم از معادله (۶) می‌توان به معادلات (۹) و (۱۰) رسید که امکان محاسبه رابطه خطی بین ریسک سیستمیک، پیوند سیستمیک و ریسک دنباله بانک i را فراهم می‌کنند:

$$\log(\beta_i^T) = \log \tau_i\left(\frac{n}{T}\right)^{1/\xi_m} + \log \frac{VaR_i(n/T)}{VaR_m(n/T)} \quad (9)$$

$$\log(\text{Systemic risk}) = \log(\text{Systemic linkage}) + \log(\text{Tail risk}) \quad (10)$$

تجزیه ریسک سیستمیک بر اساس تئوری ارزش حدی فرین (EVT) صورت می‌پذیرد. تئوری مقدار فرین با مقادیر حداکثر سروکار دارد. بر طبق قضیه فیشر و تیپت توزیع مجانبی مقادیر حداکثر، بدون توجه به توزیع اصلی داده‌های مشاهده شده، به یکی از توزیع‌های فرچت^۳، گامبل^۴ و یا وایبول^۵ تعلق دارد. این سه توزیع را می‌توان در قالب یک شکل واحد به صورت زیر نشان داد:

$$H_{\xi}(x) = \begin{cases} \exp\left\{-\left(1 + \xi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right)^{-1/\xi}\right)\right\} & \text{if } \xi \neq 0 \text{ \& } 1 + \xi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) > 0 \\ \exp\left\{-\exp\left(-\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right)\right)\right\} & \text{if } \xi = 0 \end{cases} \quad (11)$$

-
- 1- Hill
2- Embrechts et al.
3- Frechet
4- Gumbel
5- Weibull

در رابطه بالا، μ بیانگر پارامتر موقعیت^۱ توزیع (میانگین) است و σ و ξ نیز به ترتیب نشانگر پارامتر مقیاس^۲ (پراکندگی) و پارامتر شکل^۳ هستند. یک روش برای استخراج مقادیر فرین، از نمونه‌ای از مشاهدات $X_t, t = 1, 2, \dots, n$ با تابع توزیعی به صورت $F(x) = \Pr(X_t \leq x)$ در نظر گرفتن، مقادیر متجاوز از آستانه بالای از پیش تعیین شده مثل u است. فزونی آستانه u برای هر $t = 1, 2, \dots, n$ زمانی رخ می‌دهد که $X_t > u$ باشد. مقدار اضافی از u به صورت $Y = X_t - u$ تعریف می‌شود. این رویکرد به رویکرد فراتر از آستانه معروف است. با معلوم بودن مقدار آستانه u ، توزیع احتمال مقادیر اضافی X از u به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F(y) = \Pr\{X - u \leq y | X > u\} \quad (۱۲)$$

رابطه بالا بیانگر احتمال تجاوز مقادیر X از آستانه u حداکثر به مقدار y است؛ چنان چه مقدار X از u فراتر رود، این توزیع شرطی می‌توان به صورت رابطه ذیل نوشت:

$$F_u(y) = \frac{\Pr\{X - u \leq 0, X > u\}}{\Pr(X > u)} = \frac{F(y + u) - F(u)}{1 - F(u)} \quad (۱۳)$$

از آن جایی که برای $x > u$ داریم $x = y + u$ ، می‌توان عبارت زیر را نوشت:

$$F(x) = [1 - F(u)]F_u(y) + F(u) \quad (۱۴)$$

این عبارت تنها زمانی برقرار است که $x > u$ است، اگر تعداد مشاهدات فراتر از آستانه u را با N_u و تعداد کل مشاهدات نمونه با T نمایش داده می‌شود. آنگاه توزیع احتمال مقادیر کمتر از آستانه به صورت زیر قابل تخمین است:

$$\hat{F}(u) = \frac{T - N_u}{T} \quad (۱۵)$$

بر این اساس می‌توان توزیع احتمال مقادیر x را به صورت زیر نوشت:

$$\hat{F}(x) = \left[1 - \frac{T - N_u}{T}\right] F_u(y) + \frac{T - N_u}{T} = 1 + \frac{N_u}{T} [F_u(y) - 1] \quad (۱۶)$$

1 -Location Parameter

2 -Scale Parameter

3 -Shape Parameter

برای تخمین پارامترهای فوق از روش حداکثر درست‌نمایی استفاده می‌شود (طالبلو و داودی، ۱۳۹۶؛ راعی و همکاران، ۱۴۰۲).

۳-۴ ریسک سیستمیک اسمی ($\beta \times MV$)

نوسرا و همکاران (۲۰۱۶)، $\beta \times MV$ را برای اندازه‌گیری ریسک سیستمیک با استفاده از روش‌های بنیادی، پیشنهاد کردند و فانگ و همکاران (۲۰۱۸)، از این معیار برای اندازه‌گیری ریسک سیستمیک در بخش بانکی چین استفاده نمودند. معیار $\beta \times MV$ با ترکیب ضریب بتا (β) و ارزش بازار (MV)، ریسک اسمی سرمایه بازار بانک را در برابر شوک‌های سیستمی اندازه‌گیری می‌کند. برای کمی نمودن این معیار، β بانک i و بازار با استفاده از مدل CAPM به صورت ذیل برآورد می‌شود:

$$E[R_i] = R_f + \beta_{i,m}(E[R_m] - R_f) \quad (17)$$

در رابطه بالا، $E[R_i]$ بازده انتظاری بانک i است و R_f نشان دهنده نرخ بهره بدون ریسک است. ضمن آن که $E[R_m] - R_f$ صرف بازار^۱ است که برابر با بازده انتظاری بازار منهای نرخ بهره بدون ریسک است. در مطالعه حاضر همانند مطالعه راعی و همکاران (۱۴۰۲)، نرخ بهره اوراق مشارکت بانک مرکزی ایران به عنوان نرخ بازده بدون ریسک (R_f) و نرخ بازده شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران به عنوان نرخ بازده بازار (R_m) در نظر گرفته شده است؛ β از رگرسیون بین بازده بازار و بازده هر بانک به دست می‌آید.

۳-۵ نسبت اهرم مالی (LVG)

نسبت اهرم مالی (LVG) یکی از معیارهای ریسک سیستمیک است که با استفاده از روش‌های بنیادی اندازه‌گیری می‌شود. نسبت اهرم مالی یا به اختصار نسبت اهرمی، توانایی شرکت برای پرداخت تعهدات بلندمدت را اندازه‌گیری می‌کنند. می‌توان گفت که نسبت اهرمی به حجم کلی بدهی‌های واحد انتفاعی تأکید دارد و توان واحد انتفاعی را برای انجام تعهدات کوتاه‌مدت و بلندمدت منعکس می‌سازند. به لحاظ تئوریک، چرخه‌های اهرم مالی مرتبط با بازده دارایی انتظاری کمتر و ریسک نکول، چرخه نقدینگی را تقویت می‌کنند و از طریق اثرات پرتفوی و مصرف منجر به سرایت مالی می‌شوند. بنابراین LVG به عنوان معیاری برای ریسک سیستمیک غیرمستقیم می‌تواند مدنظر قرار بگیرد. بر اساس مطالعه انگل و همکاران^۲ (۲۰۱۴)، برونلس و انگل (۲۰۱۷) و فانگ و همکاران (۲۰۱۸) نسبت اهرم مالی را می‌توان با عنوان نسبت شبیه اهرم مالی^۳ تعریف و با استفاده از رابطه ذیل اندازه‌گیری نمود:

$$LVG_{it} = \frac{A_{it}}{W_{it}} = \frac{D_{it} + W_{it}}{W_{it}} \quad (18)$$

1 - Market Premium

2 - Engle et al.

3 - Quasi Leverage Ratio

در رابطه بالا، A_{it} بیانگر ارزش شبه دارایی‌های بانک i در دوره t است که از طریق جمع ارزش بازار حقوق صاحبان سهام بانک i (W_{it}) و ارزش دفتری بدهی بانک i (کل بدهی) (D_{it}) در دوره t حاصل می‌شود.

۳-۶ ریسک سیستمیک (SRISK) و کسری مورد انتظار نهایی (MRES)

SRISK یکی دیگر از معیارهای ریسک سیستمیک است که میزان ریسک را با استفاده از روش‌های بنیادی اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص تابعی از اندازه، اهرم و زیان مورد انتظار سهامداران با توجه به رکود بازار است و داده‌های ترازنامه را با داده‌های بازار ترکیب می‌کند. بر اساس مطالعه برونلس و انگل (۲۰۱۷)، SRISK کسری سرمایه‌ای است که انتظار می‌رود بانک i مشروط به یک رویداد سیستمیک تجربه کند. برای محاسبه شاخص SRISK می‌توان از رابطه (۱۹) استفاده نمود:

$$SRISK_{it} = E_t\{CS_{it+h}|R_{mt+1:t+h} < C\} = W_{it}\{KLVG_{it} + (1 - K)LRMES_{it} - 1\} \quad (19)$$

$$LMRES_{it} = -E_t\{R_{it+1:t+h}|R_{mt+1:t+h} < C\} \quad (20)$$

در رابطه بالا، CS_{it} بیانگر کمبود سرمایه بانک i در دوره t است و $R_{mt+1:t+h} < C$ رویداد سیستمیک را نشان می‌دهد، که سبب افت بازار به زیر آستانه C در افق زمانی h می‌شود. در مطالعه حاضر با پیروی از مطالعه برونلس و انگل (۲۰۱۷) و براتی و همکاران (۱۳۹۹)، C ، ۲- درصد و h فصلی (سه ماه) در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر $R_{it+1:t+h}$ و $R_{mt+1:t+h}$ به ترتیب بیانگر بازده حسابی چند دوره‌ای از زمان $t+1$ تا $t+h$ برای بانک i و بازار هستند. LVG_{it} نیز نسبت اهرمی است که در قسمت قبل نحوه اندازه‌گیری آن به تفصیل شرح داده شد. k نسبت سرمایه احتیاطی را نشان می‌دهد که در مطالعه حاضر با پیروی از مطالعه فانگ و همکاران (۲۰۱۸)، ۸ درصد در نظر گرفته شده است. در نهایت نیز $LMRES_{it}$ به معنای کسری مورد انتظار نهایی بلندمدت^۱ است که انتظار بازده محاسباتی چند دوره‌ای ارزش ویژه بانک را مشروط به رویداد سیستمیک نشان می‌دهد.

۳-۷ بررسی 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 شود. همانطور که در سال ۲۰۱۰ توسط نیومن بیان شد یکی از مزایای برجسته استفاده از تئوری مبتنی بر شبکه آن است که این امکان را فراهم می‌سازد که مشخصات ساختاری و توپولوژیکی روابط بین داده‌ها بررسی شود. تئوری شبکه پیچیده ابزاری مهم برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده است و توپولوژی-های متداول آن شامل گراف تصادفی اردوس-رنی^۲، شبکه جهانی کوچک^۳، شبکه بدون مقیاس^۴ و غیره می‌باشند.

1 -Long Run Marginal Expected Shortfall

2 -Erdos-Renyi Random Graph

3 -Small-World Network

4 -Scale-Free Network

بازار بین بانکی دارای درجه بالایی از پیچیدگی و جزئیات است و ساختارهای شبکه‌ای متنوعی از قبیل ساختار مرکز پول، بازار کامل و بازار ناقص دارد (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۹).

در بازار بین بانکی گراف جهت‌دار به صورت $G = (V, E)$ تعریف می‌شود که در آن V مجموعه بانک‌ها را نشان می‌دهد و E نشان دهنده مجموعه روابط بین بانک‌ها است. یک لبه یا بردار جهت‌دار $e_{i,j}$ بین دو نود $i, j \in V$ وجود دارد اگر و فقط اگر بانک i به بانک j وام داده باشد. با این فرض که تعداد بانک‌ها $|V| = N$ باشد، در این صورت، Ni مجموعه بانک‌هایی را نشان می‌دهد که با بانک i همسایه هستند. ضمن آن که $X = (X_{i,j})_{N \times N}$ ماتریس مقیاس اعتباری بانک‌ها را نشان می‌دهد که در آن $X_{i,j}$ نشان دهنده وامی است که از بانک i به بانک j داده شده است. Li نیز نشان دهنده مقیاس یا توان اعتباری بانک i است به طوری که:

$$L = \sum_{1 \leq i \leq N} L_i, L_i = \sum_{j: j \neq i} X_{i,j} \quad (21)$$

با استفاده از اطلاعات وام‌های مبادله شده بین بانک‌ها که می‌تواند روزانه یا ماهانه باشد، برای هر روز یا هر ماه سه ماتریس ماتریس مجاورت^۱ A ، ماتریس ارتباطات^۲ C و ماتریس ارتباطات موزون^۳ W قابل محاسبه است. اگر در روز یا ماه مورد نظر هیچ تراکنشی بین بانک i و j وجود نداشته باشد، درایه a_{ij} در ماتریس A برابر با ۰ خواهد بود. و اگر حداقل یک تراکنش وجود داشته باشد برابر با ۱ خواهد شد. درایه c_{ij} در ماتریس C نشان دهنده تعداد تراکنش‌های بین بانک i و j در یک روز یا یک ماه می‌باشد (ژو و همکاران^۴، ۲۰۱۶). درایه w_{ij} در ماتریس W نشان دهنده کل مبلغ وام مبادله شده بین بانک i و j در یک روز یا یک ماه است. تعداد لینک‌های فعال در شبکه به صورت $N_i = \frac{1}{2} \sum_{j} a_{i,j}$ ، تعداد تراکنش‌ها $N_i = \frac{1}{2} \sum_{j} c_{i,j}$ و کل حجم مبادلات $V = \frac{1}{2} \sum_{i,j} w_{i,j}$ خواهد بود. تعداد بانک‌های فعال با اندیس Nb نشان داده می‌شود. سه ماتریس فوق به صورت گراف‌های بدون جهت تعریف می‌شوند و لینک‌ها دو طرفه به صورت $a_{ji} = a_{ij}$ ، $c_{ji} = c_{ij}$ و $w_{ji} = w_{ij}$ هستند. دسترسی به پایگاه داده این امکان را فراهم می‌سازد که ماتریس‌های متناسب با گراف‌های جهت‌دار نیز محاسبه شود. می‌توان ارتباطات جهت‌دار را با دنبال کردن جهت جریان پول بین بانک‌ها ایجاد کرد؛ به طوری که ارتباط (بردار) از فروشنده (قرض دهنده) خارج می‌شود و به خریدار وارد می‌شود. گراف جهت‌دار برای محاسبه ریسک سرایت و نکول سیستمیک در سیستم مفیدتر از گراف بدون جهت است. بنابراین شش ماتریس دیگر به صورت A^b, A^l, C^b, C^l and W^b, W^l می‌توان ایجاد کرد. درایه‌های ماتریس $a^b_{ij}(a^l_{ij})$ نشان می‌دهد که آیا حداقل یک تراکنش در یک روز یا یک ماه خاص بین بانک i و j وجود دارد به طوری که بانک i قرض گیرنده (قرض دهنده) باشد. درایه $c^b_{ij}(c^l_{ij})$ 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 $w^b_{ij}(w^l_{ij})$ ماتریس ارتباطات موزون نشان دهنده مبلغ کل اعتبار (وام) در یک روز یا یک ماه خاص بین بانک i و j می‌باشد به طوریکه بانک i قرض گیرنده (قرض دهنده) است. واضح است $w^b_{ij} =$

1 -Adjacency Matrix
2 -Connectivity Matrix
3 -Weighted Connectivity Matrix
4 -Xu et al.

w^{lij} . جریان بین دو بانک به صورت $f_{ij} = w^{lij} - w^{bij}$ تعریف می‌شود. اگر بانک قرض دهنده باشد جریان مثبت خواهد بود (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۹). در تئوری شبکه‌های پیچیده سنجه‌های آماری تعریف شده‌اند 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 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 (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۹). در این مطالعه با استفاده از معیار نزدیکی^۱، گره‌های شبکه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

• معیار نزدیکی

شاخص نزدیکی یک گره، میانگین طول کوتاه‌ترین مسیرهای موجود میان آن گره و سایر گره‌های حاضر در شبکه را نشان می‌دهد. گره‌هایی که از شاخص نزدیکی بالایی برخوردار هستند، در شبکه قدرت تأثیرگذاری بیشتری دارند، نقش مرکزی تری بازی می‌کنند و برای سایر گره‌ها توانایی دسترسی پذیری بیشتری دارند. در واقع، مرکزیت نزدیکی نیز در اینجا بیان گر آن است که یک بانک چقدر سریع می‌تواند به بانک‌های بیشتری در شبکه دسترسی داشته باشد. این شاخص توانایی کسب اطلاعات را از طریق اعضای شبکه منعکس می‌کند. شاخص نزدیکی گره k یا (p_k) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_c(p_k) = \sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)^{-1} \quad (22)$$

در این رابطه، $d(p_i, p_k)$ بیان گر کوتاه‌ترین مسیر اتصال دو گره p_i و p_k است (تقی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱).

• معیار بینابینی

معیار بینابینی یک گره، تعداد دفعاتی که آن گره در کوتاه‌ترین مسیر میان هر دو گره دیگر در شبکه قرار می‌گیرد را نشان می‌دهد. گره‌هایی که از بینابینی بالایی برخوردار هستند نقش بااهمیتی را در اتصال شبکه و گردش اطلاعات ایفا می‌کنند و دارای موقعیت و جایگاه مرکزی در شبکه هستند. در واقع، مرکزیت بینابینی بیان گر جایگاه یک گره (در اینجا بانک) درون شبکه به واسطه توانایی آن در مرتبط ساختن دیگر جگره‌ها، جفت‌ها، یا گروه‌ها در شبکه است. به هراندازه گره‌های شبکه جهت ایجاد ارتباط با سایرین به یک گره وابسته باشند، آن گره در شبکه دارای قدرت بیشتری خواهد بود. شاخص بینابینی گره k یا (p_k) از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_B(p_k) = \sum_{i < j}^n \frac{g_{ij}(p_k)}{g_{ij}}; \quad i \neq j \neq k \quad (23)$$

1 -Closeness Centrality

در رابطه بالا، g_{ij} بیان‌گر کوتاه‌ترین مسیر میان اتصال p_i ، p_j و $g_{ij}(p_k)$ بیان‌گر کوتاه‌ترین مسیر میان اتصال p_i و p_j است که از p_k عبور می‌کند (تقی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱).

۳-۸ مدل تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) و تحلیل مؤلفه اصلی بیزین (BPCA)

تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) یک روش تجزیه و تحلیل داده کلاسیک و قدرتمند است که به دنبال کاهش ابعاد داده‌ها و گردآوری آن‌ها در یک ماتریس تصویر^۱ است (ما و چن^۲، ۲۰۲۰). روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی راهی برای تعیین الگوی موجود در داده‌ها و بیان داده‌ها به گونه‌ای است که تفاوت‌ها و شباهت‌های آن‌ها برجسته شود. در جایی که پیدا کردن الگوی موجود در داده‌ها در زمانی که آن‌ها دارای ابعاد مختلفی هستند به علت عدم توانایی در استفاده از ابزارهای ترسیمی دشوار است، روش "تحلیل مؤلفه‌های اصلی" ابزاری قوی برای تحلیل داده‌ها است. این روش دارای کاربردهای مختلفی در علوم گوناگون از روانشناسی تا کامپیوتر، اقتصاد، مدیریت و حسابداری است. مهم‌ترین کاربردهای روش مذکور کاهش حجم داده‌ها، ساختن شاخص‌ها و تحلیل داده‌های با ابعاد چندگانه می‌باشد. به طور خلاصه در این روش متغیرهای همبسته موجود به یک (یا چند) مجموعه از مؤلفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آن‌ها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی بوده و به آن‌ها مؤلفه اصلی می‌گویند. این مؤلفه‌ها از بردارهای ویژه ماتریس کواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی به دست می‌آیند، به عبارت بهتر در این کاربرد از "تحلیل مؤلفه‌های اصلی"، هدف کم کردن یک مجموعه k عضوی به تعداد m مؤلفه می‌باشد؛ به گونه‌ای که این m مؤلفه بیشترین میزان واریانس k متغیر را توضیح دهند. به عبارت دیگر هدف، کم کردن تعداد متغیرها به m مؤلفه مهم‌تر است. هر عامل (مؤلفه) از ترکیب خطی و موزون k متغیر حاصل می‌شود. از این رو مؤلفه F_i^{th} عبارت است از:

$$F_i = W_{i,1}X_1 + W_{i,2}X_2 + \dots + W_{i,k}X_k \quad (23)$$

تحلیل مؤلفه اصلی به ساختمان ماتریس-کواریانس به وسیله چند ترکیب خطی از متغیرهای اولیه، مربوط است. دو هدف عمده این روش، تجمیع داده‌ها و تفسیر اطلاعات است. تیپینگ و بیشاپ^۳ (۱۹۹۷) نشان دادند که روش برآورد حداکثر درست نمایی، برای تولید یک متغیر پنهانی در روش تحلیل مؤلفه اصلی می‌تواند مبنایی برای یک عملیات بیزین باشد. نتیجه‌ی کلیدی و مهم در روش بیزین آن است که ابعاد مؤثر فضای پنهان (که معادل تعداد اجزای اصلی حفظ شده است) را می‌توان به طور خودکار به عنوان بخشی از رویه استنباط بیزی تعیین کرد. با این حال انتخاب تعداد اجزا یا مؤلفه‌های اصلی، یک مسئله‌ی مهم در روش PCA است که باید حفظ شود. روش PCA بیزین منجر به یک انتخاب خودکار ابعاد مناسب مدل می‌شود. یک عملیات بیزی PCA با تعریف یک توزیع پیشین $p(\mu, W, \sigma^2 | D)$ روی پارامترهای مدل به دست می‌آید. سپس توزیع پسین متناظر $p(\mu, W, \sigma^2 | D)$ به وسیله‌ی ضرب توزیع پیشین در تابع احتمال حداکثر درست نمایی، تعیین می‌شود (بیشاپ، ۱۹۹۸؛ ما و چن، ۲۰۲۰). نتایج

1 - Projection Matrix

2 - Ma & Chen

3 - Tipping & Bishop

حاصل از مطالعات پوکتوانتنگ و رول (۲۰۰۹)، آلن و همکاران (۲۰۱۲) و فانگ و همکاران (۲۰۱۸) نشان می‌دهد که مدل PCA ابزاری قدرتمند برای تحلیل اطلاعات و نیز ارائه پیشنهادهای سیاستی برای مدیریت مناسب ریسک سیستمیک است.

۳-۹ قلمرو تحقیق، جمع‌آوری اطلاعات و روش نمونه‌گیری

از آن جا که هدف مطالعه حاضر مدلسازی ریسک فراگیر (سیستمیک) نظام بانکی ایران است، لذا تحقیق حاضر از لحاظ موضوعی در حوزه مباحث مالی و اقتصادی قرار دارد. همچنین از آن جا که موضوع مورد مطالعه کلان و مربوط به کل کشور است، لذا قلمرو مکانی تحقیق حاضر، فضای کلان اقتصاد ایران و جغرافیای کل کشور است. در مطالعه حاضر روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها به دو صورت کتابخانه‌ای و پیمایشی است. بر این اساس ابتدا اطلاعات مربوط به مبانی نظری و ادبیات تحقیق از طریق کتب و مقالات و اطلاعات کمی از طریق پیمایش اسنادی و به صورت سری زمانی از آمارنامه‌های سازمان بورس اوراق بهادار ایران برای دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۱ جمع‌آوری شده است. شایان ذکر است جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش، مجموعه‌ای از بانک‌های خصوصی و دولتی تحت نظارت بانک مرکزی می‌باشد. برای تعیین تعداد نمونه و یا به عبارت دیگر انتخاب بانک‌هایی که اطلاعات آن‌ها باید جمع‌آوری شود، از روش حذف سیستماتیک استفاده شده است. بدین منظور آن دسته از ۱۹ بانک جامعه آماری که اطلاعات و داده‌های آن‌ها برای دوره زمانی مورد بررسی در دسترس بوده و معاملات سهام آن‌ها به طور مداوم در بورس اوراق بهادار تهران صورت گرفته و توقف معاملاتی بیش از سه ماه در مورد سهامشان اتفاق نیفتاده، به عنوان نمونه آماری انتخاب و مابقی حذف شده‌اند. با اعمال محدودیت‌های مذکور، از بین بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در مجموع ۹ بانک شامل اقتصاد نوین، ملت، کارآفرین، تجارت، پارسین، صادرات، پست بانک، سینا و پاسارگاد به عنوان نمونه آماری پژوهش انتخاب شدند. شایان ذکر است که پس از جمع‌آوری و سازمان‌دهی داده‌ها در Excel، اطلاعات با استفاده از نرم‌افزارهای Spss، R و MATLAB مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۴- یافته‌های تحقیق

پایا بودن (پایایی) سری زمانی موضوعی بسیار مهم می‌باشد و عدم بررسی این موضوع سبب می‌گردد که نتایج از اطمینان لازم برخوردار نباشد. در مطالعه حاضر ابتدا متغیرهای مورد استفاده در مطالعه شامل بازده بانک‌های منتخب و صنعت بانکداری از لحاظ پایایی مورد آزمون قرار گرفته‌اند. جهت انجام آزمون پایایی از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون مذکور برای سری‌های تحت بررسی در حالت مدل با عرض از مبدا و روند زمانی در جدول (۲) ارائه شده است. همان گونه که از نتایج جدول (۲) مشخص است سطح معنی‌داری آماره آزمون ADF برای همه متغیرها از مقدار ۵ درصد کوچکتر می‌باشد؛ این بدین معنی است که فرضیه صفر در خصوص ناپایایی متغیرها رد و لذا همه متغیرها در سطح ایستا بوده و گشتاورهای ثابتی برای کلیه بازده‌ها وجود دارد؛ بنابراین با توجه به این نتایج احتمال وجود رگرسیون کاذب در برآوردهای آتی رد می‌گردد.

جدول ۲- بررسی پایایی بازده بانک‌ها و صنعت بانکداری با استفاده از آزمون ADF.

متغیر	نماد	با عرض از مبدا و روند زمانی	سطح معنی‌داری
بازده صنعت بانکداری	BReturn	-۱۶/۸۶۳	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده صنعت بانکداری	Δ BReturn	-۲۶/۳۵۰	۰/۰۰۰
بازده بانک اقتصاد نوین	ENReturn	-۲۲/۶۴۴	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک اقتصاد نوین	Δ ENReturn	-۲۴/۷۷۰	۰/۰۰۰
بازده بانک ملت	MEReturn	-۴۸/۲۳۳	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک ملت	Δ MEReturn	-۲۲/۶۵۶	۰/۰۰۰
بازده بانک کارآفرین	KAReturn	-۳۱/۸۰۳	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک کارآفرین	Δ KAReturn	-۲۵/۶۱۵	۰/۰۰۰
بازده بانک تجارت	TEReturn	-۲۵/۷۱۸	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک تجارت	Δ TEReturn	-۲۳/۱۰۳	۰/۰۰۰
بازده بانک پارسیان	PARReturn	-۳۰/۲۹۴	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک پارسیان	Δ PARReturn	-۲۲/۵۷۴	۰/۰۰۰
بازده بانک صادرات	SAReturn	-۲۷/۹۹۱	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک صادرات	Δ SAReturn	-۲۰/۹۵۴	۰/۰۰۰
بازده پست بانک	PBReturn	-۳۲/۳۳۷	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده پست بانک	Δ PBReturn	-۲۳/۳۱۶	۰/۰۰۰
بازده بانک سینا	SIReturn	-۳۰/۸۴۷	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک سینا	Δ SIReturn	-۲۳/۷۰۳	۰/۰۰۰
بازده بانک پاسارگاد	PASReturn	-۳۰/۱۸۹	۰/۰۰۰
تفاضل مرتبه اول بازده بانک پاسارگاد	Δ PASReturn	-۲۲/۹۷۱	۰/۰۰۰

انواع مدل‌های خانواده GARCH شامل دو بخش مجزا یعنی معادله میانگین و معادله واریانس هستند. بر این اساس پس از انجام آزمون ایستایی و نرمال بودن متغیرها لازم است معادله میانگین و همچنین معادله واریانس در این مدل‌ها مشخص گردد.

در مطالعه حاضر از آن جا که سری‌های تحت بررسی در سطح ایستا می‌باشند ($d=0$)، لذا مدل $ARIMA(p,0,q)$ ، مدل مناسبی برای مشخص ساختن معادله میانگین در مدل GARCH به شمار آید. بر این اساس در ادامه با استفاده از معیارهای SBC، AIC و یا HIQ طول وقفه دو جزء اتورگرسیون (AR) و میانگین متحرک (MA) و یا به عبارت دیگر p و q برای تخمین معادله میانگین مشخص گردید، تا از آن در مراحل بعدی مربوط به برآورد انواع مدل GARCH استفاده گردد. برای تعیین درجه p و q به طور معمول ابتدا برای آن‌ها مقدار ماکزیممی در نظر گرفته می‌شود و بر اساس آن مدل‌های مختلف برآورد می‌گردد. در مطالعه حاضر ماکزیمم درجه p و q ، ۲ در نظر

گرفته شده است. با توجه به درجات مختلف p و q ، ۹ مدل برای هر یک از سری‌های تحت بررسی برآورد شد. در نهایت با توجه به نتایج و با استفاده از معیار SBC، از میان مدل‌های مختلف تحت بررسی، ۱۰ معادله میانگین انتخاب گردیده است. با توجه به نتایج، با استفاده از معیار SBC، از میان مدل‌های مختلف تحت بررسی، فرآیند $ARIMA(2,0,2)$ به عنوان بهترین مدل برای بازده صنعت بانکداری و بازده بانک اقتصاد نوین انتخاب گردیده است. ضمن آن که برای بازده بانک سینا فرآیند $ARIMA(1,0,0)$ مناسب بوده است. برای مدلسازی بازده سایر بانک‌ها نیز فرآیند $ARIMA(1,0,1)$ به عنوان مدل بهینه انتخاب شده تا در مراحل بعدی مربوط به برآورد مدل GARCH مورد استفاده قرار گیرد. پس از مشخص نمودن پایایی و الگوی میانگین، باید از ثابت و یا متغیر بودن واریانس جمله خطا آگاهی یافت. به منظور بررسی اثر ARCH در سری‌های زمانی به طور معمول از آزمون ضریب لاگرانژ^۱ (LM) استفاده می‌گردد. بر این اساس به منظور بررسی ثابت و یا متغیر بودن واریانس جمله خطای بازده بانک‌های منتخب و صنعت بانکداری، آزمون مذکور بر روی پسماندهای الگوهای میانگین انجام شده است. با توجه به معنی‌داری آماره محاسباتی آزمون LM برای کلیه سری‌های تحت بررسی در سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵، لذا فرض صفر مبنی بر عدم وجود اثرات ARCH رد و فرضیه مقابل آن مبنی بر وجود اثرات ARCH برای بازده بانک‌های منتخب و صنعت بانکداری پذیرفته شد. وجود اثر ARCH به معنی آن است که واریانس جمله خطا ناهمسان بوده و ثابت نیست. بر این مبنا می‌توان در ادامه از الگوی GARCH جهت الگوسازی نوسانات استفاده نمود. در گام بعدی معادله واریانس مشخص گردید. برای این منظور ابتدا درجه مناسب (p,q) برای مدل GARCH در سری‌های تحت بررسی مشخص شد تا بر این اساس بتوان مدل GARCH و همچنین الگوهای منشعب از آن را مشخص نمود. بدین منظور همانند الگوی ARIMA انواع مختلف الگوی GARCH بر حسب p و q ‌های مختلف برآورد گردیده و سپس با استفاده از معیار SBC، از میان مدل‌های مختلف، ۱۰ مدل GARCH با درجات مختلف برای هر یک از سری‌های بازده بانک‌های منتخب و صنعت بانکداری انتخاب شده است. با توجه به نتایج، با استفاده از معیار SBC از میان مدل‌های مختلف تحت بررسی، فرآیند $GARCH(1,1)$ به عنوان بهترین مدل برای بازده صنعت بانکداری و بازده بانک‌های تجارت، صادرات، پست بانک و سینا انتخاب گردیده است. ضمن آن که فرآیند $GARCH(1,2)$ ، به عنوان بهترین مدل برای بازده بانک‌های اقتصاد نوین، کارآفرین، پارسیان و پاسارگاد انتخاب شده است. در نهایت نیز فرآیند $GARCH(2,1)$ برای بازده بانک ملت انتخاب شده تا از آن در مراحل بعدی مربوط به برآورد انواع مدل‌های خانواده GARCH برای بازده مربوط به این بانک استفاده گردد.^۲

با مشخص نمودن الگوی مناسب مدل GARCH، الگوی مذکور به همراه پنج مدل از خانواده GARCH شامل $IGARCH$ ، $EGARCH$ ، $GJRARCH$ ، $TARCH$ و $PARARCH$ برای هر یک از ده سری تحت بررسی برآورد گردید. جهت برآورد انواع مدل‌های خانواده GARCH، همانگونه که در قسمت‌های قبل نیز اشاره شد از اطلاعات روزانه دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۴۰۱ استفاده شده است. بر این اساس هدف انتخاب بهترین مدل، از میان الگوهای اشاره شده به منظور توضیح نوسانات در نرخ بازدهی (σ_p) بانک‌های منتخب و صنعت بانکداری می‌باشد تا بر این اساس بتوان

1-LM Test

۲- با توجه به حجم زیاد نتایج و محدودیت در خصوص تعداد صفحات، در این قسمت تنها به ذکر نتایج نهایی اکتفا شده و نتایج در قالب جدول ارائه نشده‌اند.

در ادامه از شاخص نوسانات فوق در محاسبه معیارهای ریسک سیستمیک استفاده نمود. جهت دسترسی به این هدف در این قسمت ابتدا از معیار SBC استفاده شد. نتایج حاصل از معیار SBC در انواع مدل‌های خانواده GARCH برای ۱۰ سری تحت بررسی در جدول (۳) ارائه شده است. همان گونه که نتایج حاصل از جدول (۳) نشان می‌دهد با استفاده از معیار SBC از میان ۱۰ الگوی برآورد شده، مدل EGARCH به عنوان مناسب‌ترین مدل جهت توضیح نوسانات بازده صنعت بانکداری و بازده بانک تجارت و مدل TARCH به عنوان مناسب‌ترین مدل جهت توضیح نوسانات بازده بانک‌های اقتصاد نوین، ملت، کارآفرین، صادرات، پست بانک و پاسارگاد انتخاب می‌گردند. ضمن آن که مدل GARCH و PARCH نیز به ترتیب به عنوان مناسب‌ترین مدل جهت توضیح نوسانات بازده بانک‌های پارسیان و سینا انتخاب شدند.

جدول ۳- انتخاب الگوی مناسب نوسانات نرخ بازدهی برای سری‌های تحت بررسی.

متغیر	نماد	معیار SBC	GARCH
بازده صنعت بانکداری	BIreturn	-۶/۸۱۷	EGARCH
بازده بانک اقتصاد نوین	ENreturn	-۵/۹۷۲	TARCH
بازده بانک ملت	MEreturn	-۴/۲۶۸	TARCH
بازده بانک کارآفرین	KAreturn	-۴/۸۴۰	TARCH
بازده بانک تجارت	TEreturn	-۴/۷۸۸	EGARCH
بازده بانک پارسیان	PARreturn	-۴/۸۴۹	GARCH
بازده بانک صادرات	SAreturn	-۴/۸۹۲	TARCH
بازده پست بانک	PBreturn	-۴/۲۷۳	TARCH
بازده بانک سینا	SIreturn	-۴/۵۱۱	PARCH
بازده بانک پاسارگاد	PASreturn	-۴/۵۴۶	TARCH

جدول (۴) تحلیل همبستگی شاخص‌های ریسک سیستمیک بانک‌های منتخب را طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۴۰۱ نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، سنجه ارزش در معرض خطر (ΔCoVaR)، ریسک سیستمیک اسمی ($\beta \times \text{MV}$) و ریسک سیستمیک (SRISK) همبستگی مثبت دارد، در حالی که با سنجه‌های شاخص ریسک سیستمیک (β_i^T)، نسبت اهرم مالی (LVG)، ریزش مورد انتظار نهایی (MRES) و معیارهای شبکه نزدیکی (NRISK) و بینابینی (Between) عمدتاً همبستگی منفی یا ضعیف نشان می‌دهد. همچنین VaR با سنجه linkage رابطه مثبت و با Tail رابطه ضعیف دارد. سنجه CoVaR نیز با ΔCoVaR ، $\beta \times \text{MV}$ و SRISK دارای همبستگی مثبت بوده و با β_i^T ، LVG، MRES و معیارهای شبکه Between همبستگی منفی دارد. علاوه بر این، CoVaR با شاخص Tail رابطه منفی و با linkage رابطه مثبت نشان می‌دهد. از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهد سنجه ΔCoVaR با $\beta \times \text{MV}$ ، MRES و SRISK همبستگی مثبت و با LVG، β_i^T و معیارهای شبکه همبستگی منفی دارد. همچنین این سنجه

با linkage رابطه مثبت و با Tail رابطه منفی دارد. بررسی ارتباط سنج β_i^T با سایر شاخص‌ها حاکی از همبستگی مثبت آن با L.V.G، Tail و linkage (پیوند سیستمیک) و همبستگی منفی با $\beta \times MV$ ، MRES، SRISK و معیارهای شبکه است. همچنین سنج‌های $\beta \times MV$ ، L.V.G و MRES با SRISK همبستگی مثبت دارند، در حالی که با معیارهای شبکه (به‌ویژه NRISK) عمدتاً رابطه منفی دارند. در نهایت، نتایج نشان می‌دهد که بین دو معیار شبکه «تزدیکی» (NRISK) و «بینابینی» (Between) همبستگی مثبت و نسبتاً قابل‌توجهی وجود دارد که بیانگر هم‌راستایی نسبی این دو شاخص در ارزیابی موقعیت بانک‌ها در شبکه ریسک سیستمیک است.

جدول ۴- بررسی همبستگی شاخص‌های ریسک سیستمیک بانک‌های منتخب طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۱.

سنجه‌ها	VaR	CoVaR	$\Delta CoVaR$	Tail	linkage	β_i^T	$\beta \times MV$	L.V.G	MRES	SRISK	NRISK	Between
VaR	۱											
CoVaR	۰/۶۰۱	۱										
$\Delta CoVaR$	۰/۵۴۴	۰/۴۸۸	۱									
Tail	۰/۰۶۰	-۰/۵۰۲	-۰/۴۰۱	۱								
linkage	۰/۳۲۳	۰/۱۹۲	۰/۳۰۷	-۰/۰۸۸	۱							
β_i^T	-۰/۳۰۸	-۰/۷۴۷	-۰/۵۸۶	۰/۵۹۵	۰/۴۹۹	۱						
$\beta \times MV$	۰/۳۶۰	۰/۵۴۱	۰/۵۲۷	-۰/۱۹۳	۰/۲۷۴	-۰/۴۱۶	۱					
L.V.G	-۰/۴۰۸	-۰/۶۱۰	-۰/۲۶۵	۰/۰۸۴	-۰/۱۲۹	۰/۴۲۵	-۰/۵۳۳	۱				
MRES	-۰/۲۶۸	-۰/۳۷۰	۰/۲۶۸	-۰/۰۱۳	۰/۰۵۹	-۰/۲۵۰	-۰/۲۶۹	۰/۴۲۷	۱			
SRISK	۰/۳۵۳	۰/۲۷۱	۰/۵۹۸	-۰/۱۴۰	۰/۲۸۶	-۰/۲۵۸	۰/۶۶۸	۰/۳۸۰	۰/۴۰۲	۱		
NRISK	-۰/۳۰۰	-۰/۲۵۷	-۰/۲۳۱	۰/۰۵۴	-۰/۰۵۳	-۰/۲۵۳	-۰/۳۴۲	۰/۲۴۴	-۰/۲۳۶	-۰/۲۱۲	۱	
Between	-۰/۰۶۳	-۰/۰۹۸	-۰/۰۷۹	۰/۰۹۲	۰/۰۲۵	۰/۰۶۳	-۰/۰۲۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۵	۰/۰۸۲	۰/۴۸۹	۱

جدول (۵) رتبه‌بندی بانک‌های منتخب را بر اساس شاخص‌های مبتنی بر قیمت، شاخص‌های بنیادی و شبکه نشان می‌دهد؛ همان‌گونه که از نتایج جدول مذکور مشاهده می‌شود، در این پژوهش نتایج حاصل از رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس سنج‌های مختلف ریسک سیستمی، متفاوت است؛ البته همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد با توجه به نتایج مطالعات مشابه و همچنین فروض خاص مترتب بر هر سنج، این نتایج چندان دور از انتظار نیست؛ چرا که بعضاً ممکن است هر سنج یکی از ابعاد خاص ریسک سیستمی را اندازه‌گیری کند؛ بر مبنای این یافته‌ها، این فرضیه که نتایج رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌های متداول ریسک سیستمیک در ایران متفاوت و ناهمگون است، تأیید می‌گردد.

جدول ۵- رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌های مبتنی بر قیمت، شاخص‌های بنیادی و شبکه

Between	NRISK	SRISK	MRES	LVG	$\beta \times MV$	β_i^T	linkage	Tail	CoVaR Δ	CoVaR	VaR	سنجه بانک
۶	۱	۶	۷	۵	۱	۵	۷	۱	۷	۵	۶	اقتصاد نوین
۱	۷	۱	۲	۳	۱	۲	۱	۷	۴	۹	۹	ملت
۹	۸	۹	۹	۹	۳	۷	۹	۵	۹	۱	۸	کارآفرین
۵	۶	۳	۳	۲	۵	۴	۴	۴	۳	۸	۵	تجارت
۴	۲	۵	۶	۴	۷	۶	۵	۶	۵	۳	۷	پارسیان
۲	۵	۲	۱	۱	۴	۸	۳	۸	۲	۷	۱	صادرات
۸	۴	۴	۸	۷	۶	۱	۸	۲	۸	۲	۳	پست بانک
۷	۳	۷	۵	۶	۸	۳	۶	۳	۶	۶	۴	سینا
۳	۹	۸	۴	۸	۲	۹	۲	۹	۱	۴	۲	پاسارگاد

در ادامه در مطالعه حاضر به منظور بررسی میزان توضیح‌دهندگی شاخص‌های ریسک سیستمیک از تأثیرگذاری بحران‌های سیستم مالی و بازار بر بانک‌های منتخب از روش تحلیل عاملی استفاده شده است. شایان ذکر است که در مطالعات پوکتوانتنگ و رول (۲۰۰۹)، آلن و همکاران (۲۰۱۲) و فانگ و همکاران (۲۰۱۸) نیز از چنین رویکردی بهره گرفته شده است.

به‌منظور اطمینان از صحت به‌کارگیری روش‌های تحلیل چندمتغیره، پیش‌فرض‌های لازم مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، جهت بررسی پایایی سنج‌های ریسک از آزمون ریشه واحد (ADF) استفاده شد که نتایج حاکی از ایستایی اغلب شاخص‌های مورد بررسی بود. همچنین به‌منظور ارزیابی ساختار همبستگی میان متغیرها، ماتریس همبستگی مورد بررسی قرار گرفت و وجود روابط معنادار میان شاخص‌ها تأیید گردید. علاوه بر این، داده‌های پرت با استفاده از روش‌های آماری مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که داده‌ها فاقد مشاهدات پرت تأثیرگذار می‌باشند. در نهایت، به‌منظور بهبود تفسیرپذیری نتایج تحلیل عاملی، از چرخش متعامد واریماکس (Varimax) استفاده گردید.

اولین مرحله در انجام روش تحلیل عاملی، بررسی امکان استفاده از روش مذکور برای متغیرها و داده‌های مورد مطالعه می‌باشد. به عبارت دیگر در این مرحله رضایت بخش بودن و مناسب بودن تحلیل عاملی مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی به طور معمول از دو آزمون کیزر-میر-اولکین^۱ (KMO) و بارتلت^۲ استفاده می‌شود. جدول (۶) نتایج حاصل از دو آزمون مذکور را نشان می‌دهد. همان گونه که از نتایج جدول مذکور مشخص است آماره آزمون KMO برابر با ۰/۶۲۱ است که با توجه به کوچک‌تر بودن آن از مقدار ۰/۷ و بزرگ‌تر بودن آن از مقدار ۰/۵ بیان‌گر تناسب متوسط داده‌ها برای تحلیل عاملی است. ضمن آن که نتایج آزمون بارتلت در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و بر این اساس این فرضیه را که متغیرها با

1- Kaiser Meyer Olkin

2- Bartlett's

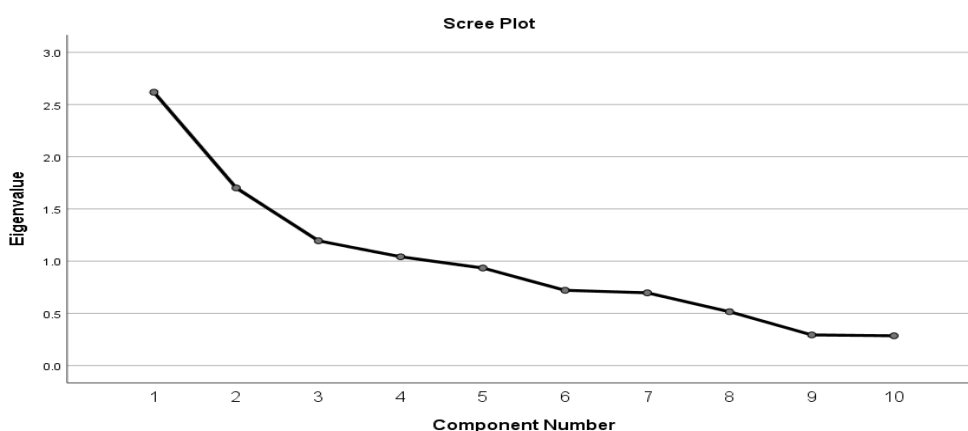
هم رابطه ندارند را رد می‌نماید. بر این اساس با توجه به نتایج دو آزمون مذکور مشخص است داده‌های مورد مطالعه شرایط نسبتاً مناسبی را برای استفاده در روش تحلیل عاملی دارا می‌باشند.

جدول ۶- نتایج آزمون KMO و بارتلت

آماره	آزمون‌ها
۰/۶۲۱	آزمون KMO
۴۰۲/۲۱۷*	آزمون بارتلت

* معنی‌دار در سطح یک درصد

پس از اطمینان از مناسب بودن داده‌ها جهت انجام تحلیل عاملی، از نمودار سنگریزه^۱ استفاده شده است تا بتوان تعداد عامل‌هایی را که باید متغیرهای تحت بررسی در آن بارگذاری شوند شناسایی نمود. نتایج نمودار سنگریزه در شکل (۱) نشان داده شده است. همان گونه که نتایج مربوط به نمودار سنگریزه نشان می‌دهد با توجه به مقادیر ویژه^۲ بزرگتر از ۰/۹، نمی‌توان فرضیه صفر مبنی بر وجود پنج عامل را در مدل تحت بررسی رد نمود. به عبارت دیگر این نتیجه بیان‌گر آن است که کلیه متغیرهای تحت بررسی باید در پنج عامل بارگذاری شوند.



شکل ۱- نمودار سنگریزه جهت شناسایی تعداد عامل‌های مربوط به بارگذاری متغیرها

با شناسایی تعداد عامل‌ها، درصد واریانس عامل‌ها و یا به عبارت دیگر میزان توضیح دهنده‌گی عامل‌ها از مسئله، بررسی و سپس بارگذاری متغیرها در درون عامل‌ها صورت گرفته است. جدول (۷) و (۸) به ترتیب نتایج حاصل

1- Scree Plot
2- Engine Value

از درصد واریانس پنج عامل شناسایی شده و درصد تجمعی واریانس کل عامل‌ها و نیز متغیرهای بارگذاری شده در عامل‌ها را نشان می‌دهند. همان‌طور که از نتایج مشخص است حدود ۲۶/۵ درصد تأثیرگذاری بحران‌های سیستم مالی و بازار بر بانک‌های منتخب از طریق سنجه‌های ریسک سیستمیک بارگذاری شده در عامل اول شامل β_i^T ، CoVaR، Δ CoVaR، Tail، linkage در عامل دوم شامل MRES، LVG و SRISK نیز حدود ۱۸/۱ درصد تأثیرگذاری بحران‌های سیستم مالی و بازار بر بانک‌های منتخب را توضیح می‌دهند. در نهایت نیز به ترتیب ۱۲/۹، ۱۲/۵ و ۱۲/۳ درصد تأثیرگذاری بحران‌های سیستم مالی و بازار بر بانک‌های منتخب از طریق سنجه‌های بارگذاری شده در عامل سوم (شامل $\beta \times MV$)، چهارم (شامل VaR) و پنجم (شامل NRISK و Between) توضیح داده می‌شود. بر اساس توضیحات ارائه شده مشخص است که حدود ۸۲ درصد از تأثیرگذاری بحران‌های سیستم مالی و بازار بر بانک‌های منتخب در پنج عامل مذکور قرار داشته و توسط سنجه‌های ریسک سیستمیک مطالعه حاضر قابل توضیح هستند و ۱۸ درصد باقیمانده توسط سایر متغیرهایی که در مدل لحاظ نشده‌اند، توضیح داده می‌شوند.

جدول ۷- تجزیه واریانس عامل‌های شناسایی شده

عامل	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس
۱	۲۶/۵۴۱	۲۶/۵۴۱
۲	۱۸/۱۵۳	۴۴/۶۹۴
۳	۱۲/۹۵۳	۵۷/۶۴۷
۴	۱۲/۵۰۷	۷۰/۱۵۴
۵	۱۲/۳۲۴	۸۲/۴۷۸

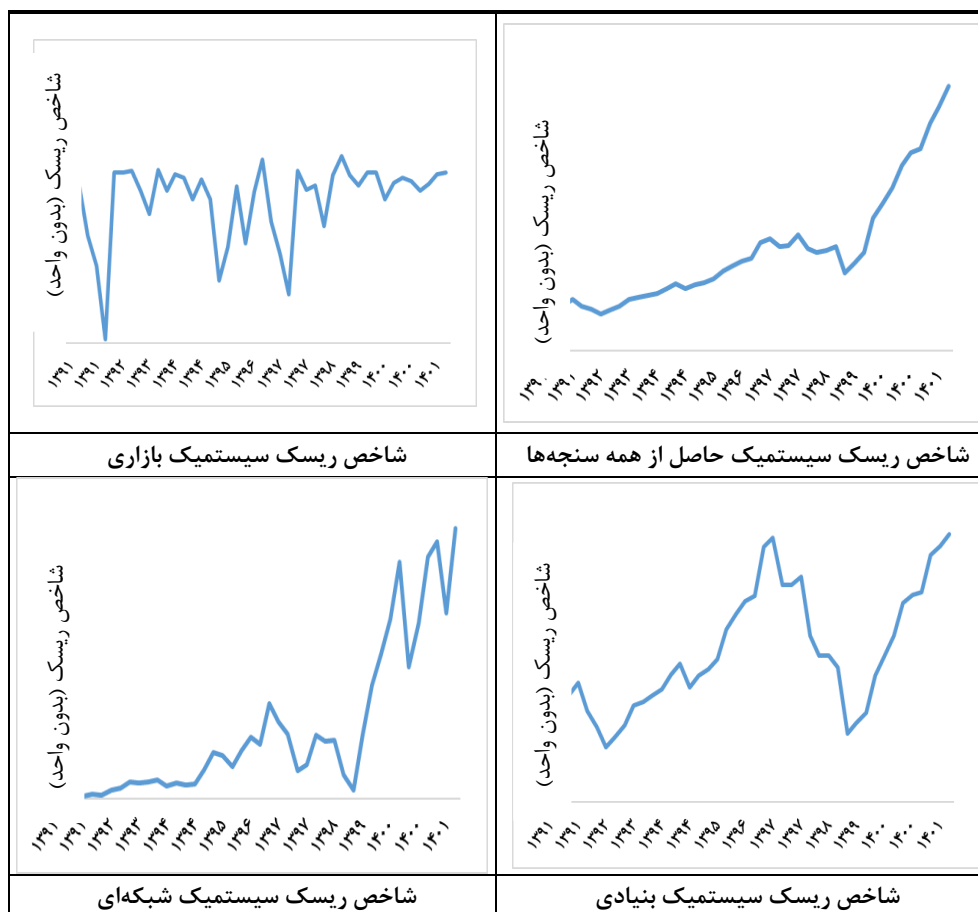
جدول ۸- متغیرهای بارگذاری شده در عامل‌ها

سنجه‌ها	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴	عامل ۵
VaR				✓	
CoVaR	✓				
Δ CoVaR	✓				
Tail	✓				
linkage	✓				
β_i^T	✓				
$\beta \times MV$			✓		
LVG		✓			
MRES		✓			
SRISK		✓			
NRISK					✓
Between					✓

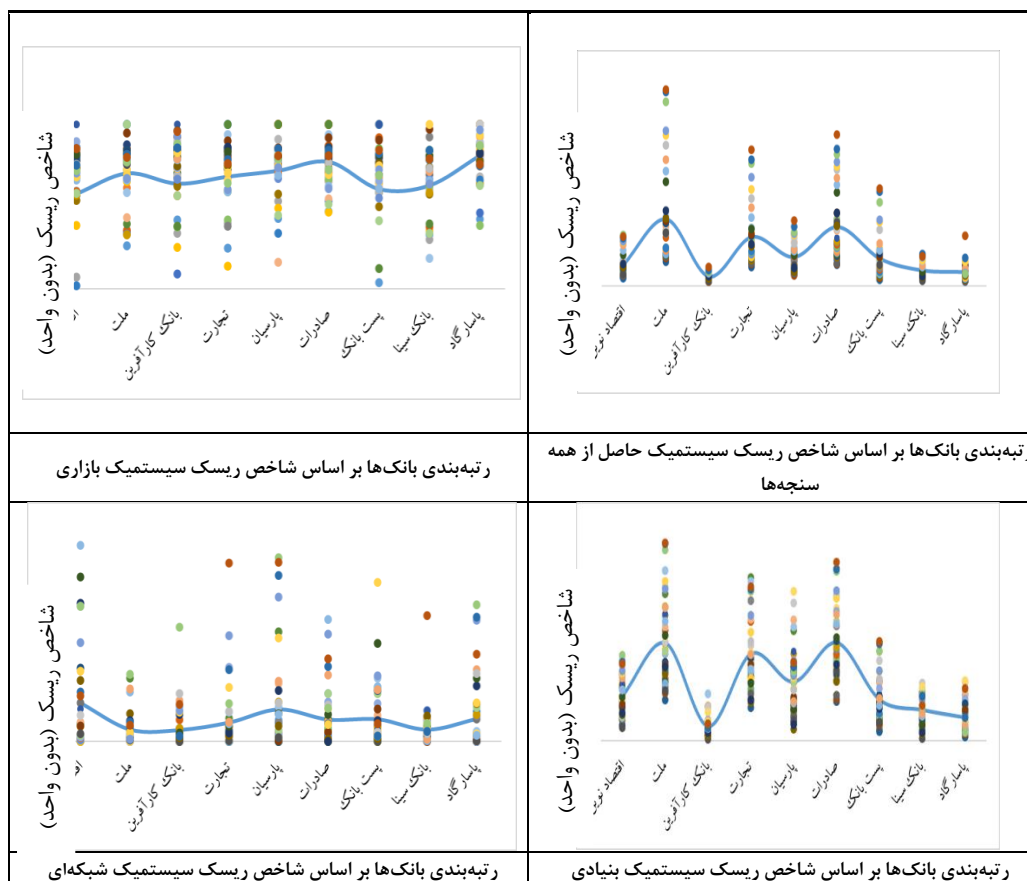
در حال حاضر سنجه‌های ریسک سیستمی متعددی ارائه شده که هر کدام، یکی از ابعاد ریسک سیستمی را اندازه‌گیری می‌کنند؛ با این هدف که هم به موقع هشدار دهند و هم سیاست‌گذار بتواند بر اساس آن‌ها، ابزارهای نظارتی و سیاستی مناسب را استفاده کند و مانع وقوع بحران یا بیشتر شدن عمق آن شود. اما همانگونه که در قسمت‌های قبل نیز مشاهده شد نتایج حاصل از سنجه‌های مختلف ریسک تا حدودی متفاوت است. بر این اساس برای آن که بتوان شاخص کلی از سنجه‌های ریسک ارائه نمود در این قسمت با استفاده از روش مؤلفه اصلی بیزین (BPCA) شاخص ریسک سیستمیک و اجزای آن ارائه شده است. شکل (۲) شاخص ریسک سیستمیک را در شبکه بانکی ایران طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۴۰۱ نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، شاخص کل ریسک سیستمیک در طول دوره دارای روندی صعودی و فزاینده بوده است، که بیانگر افزایش تدریجی آسیب‌پذیری سیستم بانکی در برابر شوک‌های کلان و سیستمی می‌باشد. افزون بر این، ریسک سیستمیک بازاری با وجود نوسانات شدید در طول دوره، فاقد روند مشخصی بوده و بیشتر تابع تحولات مقطعی و شوک‌های بازار مالی و اقتصادی بوده است. ریسک سیستمیک بنیادی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۷ روندی افزایشی را تجربه کرده است که می‌تواند ناشی از تضعیف شاخص‌های بنیادی بانک‌ها نظیر نسبت کفایت سرمایه، افزایش بدهی‌ها یا رشد بی‌رویه دارایی‌های پریسک باشد. این شاخص از سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ کاهش یافته و سپس از سال ۱۳۹۹ تا پایان دوره مجدداً روند صعودی در پیش گرفته است. و در نهایت ریسک سیستمیک شبکه‌ای نیز الگوی مشابهی با شاخص بنیادی داشته، به‌گونه‌ای که می‌توان نتیجه گرفت تغییرات ساختاری و سطح ارتباطات بین بانکی تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل بنیادی بانک‌ها بوده و با آن هم‌راستا عمل کرده‌اند. شایان ذکر است که در مطالعات ابریشمی و همکاران (۱۳۹۸) و تهران‌ی و همکاران (۱۳۹۹) نیز این یافته‌ها تأیید شده است. به طور کلی، این یافته‌ها دلالت بر آن دارند که اگرچه ریسک‌های بازار نوسانات بالایی دارند، اما پایداری روند رو به رشد ریسک سیستمیک کل، بیش از آنکه ناشی از تغییرات مقطعی بازار باشد، ریشه در عوامل بنیادی و ساختاری شبکه بانکی دارد. این امر لزوم اتخاذ سیاست‌های نظارتی و احتیاطی قوی‌تر در حوزه‌های مربوط به سلامت مالی، روابط بین بانکی و سرمایه‌گذاری‌های پریسک بانک‌ها را آشکار می‌سازد.

بررسی رتبه‌بندی ۹ بانک منتخب در شکل (۳) نشان می‌دهد که سطح ریسک سیستمیک بانک‌ها بسته به نوع شاخص (بنیادی، بازار، شبکه و شاخص کل) متفاوت است. در نمودار، محور عمودی بیانگر مقدار شاخص ترکیبی ریسک سیستمیک است که با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (BPCA) استخراج شده است. این شاخص فاقد واحد اندازه‌گیری بوده و به‌صورت نمره استاندارد تفسیر می‌شود؛ به‌طوری‌که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده سطح بیشتر ریسک سیستمیک برای بانک مورد نظر است. بر اساس شاخص ریسک سیستمیک کل (ترکیبی)، بانک‌های ملت و صادرات در بالاترین رتبه ریسک قرار دارند. در تفکیک شاخص‌ها، در حوزه ریسک سیستمیک بنیادی نیز این دو بانک بالاترین سطح ریسک را تجربه کرده‌اند که می‌تواند ناشی از ساختار مالی و اهرم بالای آن‌ها باشد. در بخش ریسک سیستمیک بازار، بانک‌های صادرات و پاسارگاد بیشترین حساسیت را نسبت به نوسانات بازار نشان می‌دهند. همچنین در بعد ریسک سیستمیک شبکه‌ای، بانک‌های اقتصاد نوین و پارسیان به‌عنوان گره‌های کلیدی شبکه، بالاترین رتبه را دارا هستند. این نتایج نشان می‌دهد که رتبه‌بندی بانک‌ها به نوع شاخص

وابسته بوده و تأکید می‌کند که ارزیابی و سیاست‌گذاری ریسک سیستمیک باید با تفکیک ابعاد مختلف ریسک (بنیادی، بازار و شبکه) انجام گیرد.



شکل ۲- شاخص ریسک سیستمیک حاصل از همه سندها و اجزای آن در شبکه بانکی ایران طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۴۰۱.



شکل ۳- رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص ریسک سیستمیک و اجزای آن در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۱.

به‌منظور ارزیابی پایداری و اعتبار رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف ریسک سیستمیک، مجموعه‌ای از تحلیل‌های تکمیلی شامل بررسی همبستگی رتبه‌ای، آزمون‌های ناپارامتریک تفاوت رتبه‌ها، تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی زمانی انجام شد.

نتایج ماتریس همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن نشان داد که بین بخش قابل توجهی از شاخص‌های ریسک سیستمیک، همبستگی‌های معنادار و عمدتاً بالا وجود دارد. به‌عنوان نمونه، همبستگی مثبت و قابل توجهی بین شاخص‌های ΔCoVaR با MRES ، LVG و SRISK مشاهده شد و شاخص linkage نیز همبستگی بالایی با LVG و SRISK دارد. در مقابل، برخی شاخص‌ها نظیر CoVaR و ΔCoVaR دارای همبستگی منفی قابل توجهی هستند که بیانگر تفاوت در ماهیت اندازه‌گیری ریسک در این سنجه‌ها می‌باشد. در مجموع، این نتایج وجود یک ساختار

همبستگی معنادار میان شاخص‌ها را تأیید می‌کند که استفاده از آن‌ها در چارچوب شاخص‌های ترکیبی را توجیه‌پذیر می‌سازد.

نتایج آزمون فریدمن نشان داد که تفاوت معناداری میان رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف ریسک سیستمیک وجود ندارد (جدول ۹)، که بیانگر همگرایی نسبی ارزیابی‌ها در میان سنج‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۹- نتایج آزمون فریدمن

آزمون	آماره	سطح معنی‌داری
فریدمن	۰/۷۲	۱/۰۰

در ادامه، به منظور بررسی پایداری نتایج، تحلیل حساسیت با حذف تک‌تک شاخص‌ها و محاسبه مجدد رتبه‌بندی کل انجام شد. نتایج نشان داد که ضرایب همبستگی اسپیرمن بین رتبه‌بندی اولیه و رتبه‌بندی‌های جدید در تمامی حالات در بازه ۰/۹۵۰ تا ۰/۹۸۳ قرار دارد که حاکی از استحکام بالای نتایج و عدم وابستگی رتبه‌بندی نهایی به یک شاخص خاص است (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- نتایج حاصل از تحلیل حساسیت

ردیف	شاخص حذف‌شده	ضریب اسپیرمن
۱	VaR	۰/۹۸۳
۲	CoVaR	۰/۹۷۹
۳	ΔCoVaR	۰/۹۷۹
۴	Tail	۰/۹۵۴
۵	linkage	۰/۹۵۴
۶	β_i^T	۰/۹۵۴
۷	$\beta \times \text{MV}$	۰/۹۵۰
۸	LVG	۰/۹۷۹
۹	MRES	۰/۹۷۹
۱۰	SRISK	۰/۹۷۵
۱۱	Between	۰/۹۸۳
۱۲	NRISK	۰/۹۷۵

در نهایت، به منظور بررسی پایداری زمانی، رتبه‌بندی بانک‌ها در دو دوره زمانی مقایسه شد. نتایج نشان داد که به دلیل واریانس بسیار پایین رتبه‌ها در یکی از دوره‌ها، محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن امکان‌پذیر نبوده است. این موضوع بیانگر آن است که تغییرات رتبه‌ای میان بانک‌ها در آن دوره محدود بوده و ساختار رتبه‌بندی از نوسانات شدید برخوردار نبوده است.

۵- نتیجه‌گیری

به علت ارائه تعاریف گوناگون از ریسک سیستمیک، معیارهای متعددی برای آن پیشنهاد شده به‌گونه‌ای که تاکنون حدود ۳۱ معیار مختلف برای اندازه‌گیری ریسک سیستمیک ارائه شده است. شایان ذکر است وجود معیارهای مختلف اندازه‌گیری ریسک سیستمیک سبب شده تا در نتایج مطالعات مختلف تناقض ایجاد شود؛ بر این اساس در مطالعه حاضر سعی شده است با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر قیمت و شاخص‌های بنیادی، رتبه‌بندی از ریسک سیستمیک ترکیبی پایدار مبتنی بر روش مؤلفه اصلی بیزین (BPCA) ارائه شود. جهت رسیدن به این هدف از بین بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در مجموع ۹ بانک شامل اقتصاد نوین، ملت، کارآفرین، تجارت، پارسیان، صادرات، پست بانک، سینا و پاسارگاد به عنوان نمونه آماری انتخاب و اطلاعات مورد نیاز در خصوص آن‌ها از طریق پیمایشی برای سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۱ جمع‌آوری شد. بر اساس نتایج ریسک سیستمیک در شبکه بانکی ایران طی یک دهه اخیر افزایش یافته است؛ اما روش BPCA، با در نظر گرفتن همه ابعاد ریسک سیستمی، رتبه‌بندی قابل اعتمادی در خصوص ریسک سیستمیک بانک‌ها ارائه می‌کند و سیاست‌گذاران بر اساس آن می‌توانند، ابزارهای نظارتی و سیاستی مناسب را به کار گیرند و مانع وقوع بحران یا بیشتر شدن عمق آن شوند. ضمن آن که بر اساس رتبه‌بندی حاصل از روش BPCA در طول سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۱، به طور متوسط بیشترین تأثیرپذیری از بحران‌های اتفاق افتاده و یا به عبارت دیگر ریسک سیستمیک به ترتیب مربوط به بانک‌های ملت، صادرات، تجارت و پست بانک و کمترین تأثیرپذیری نیز به ترتیب مربوط به بانک‌های کارآفرین، سینا، اقتصاد نوین و پاسارگاد بوده است. بر مبنای نتایج حاصل از مطالعه حاضر، سنجه‌های ریسک سیستمیک ارائه شده در ادبیات، رتبه‌بندی متفاوتی را از ریسک سیستمیک در بانک‌های منتخب ارائه می‌دهند. این موضوع به این دلیل است که بعضاً هر سنجه ممکن است جنبه‌های خاصی از ریسک سیستمیک را اندازه‌گیری نماید؛ با این حال سیاست‌گذار نیازمند شاخصی تجمیعی، یکپارچه و فراگیر از ریسک سیستمیک است که با هشدار به موقع، او را در به کارگیری ابزارهای نظارتی و سیاستی مناسب یاری و مانع وقوع بحران یا بیشتر شدن عمق آن شود. در این راستا در این مطالعه با استفاده از روش مؤلفه اصلی بیزین (BPCA) و تجمیع سنجه‌های مختلف، شاخص ریسک سیستمیکی ارائه شده که همزمان همه ابعاد و ویژگی‌های ریسک سیستمیک را در بر می‌گیرد. بر این اساس از آنجا که شیوه نظارت بر بانک‌ها در جهان از نظارت تطبیقی به نظارت مبتنی بر ریسک تغییر یافته و بانک‌های مرکزی کشورها بازرسی و نظارت‌های مستقیم خود بر بانک‌ها را با استفاده از بررسی گزارش‌های مبتنی بر نظارت غیرحضوری اعمال می‌کنند، پیشنهاد می‌شود بانک مرکزی و سایر نهادهای ناظر بر بانک‌ها، بر اساس شاخص ریسک سیستمیک معرفی شده در این مطالعه، بانک‌ها را بر مبنای سهمشان در بروز ریسک سیستمیک رتبه‌بندی و بانک‌هایی که بیشترین سهم را در بروز ریسک سیستمیک دارند شناسایی و آن‌ها را ملزم به اقدامات پیشگیرانه در جهت کاهش این ریسک نمایند. بر اساس نتایج حاصل از شاخص ریسک سیستمیک (رتبه‌بندی روش BPCA)، ریسک سیستمیک در شبکه بانکی ایران طی یک دهه اخیر افزایش یافته است. در این راستا به بانک مرکزی پیشنهاد می‌گردد تا با توجه به منابع ایجاد کننده این ریسک (نسبت سرمایه، سودآوری، ساختار سرمایه و ...) با تغییر سیاست‌های خود و با نظارت بر پورتفوی بانک‌ها و به خصوص دارایی‌های آن‌ها، از

اقدامات ریسک‌پذیر بیش از حد بانک‌ها جلوگیری به عمل آورد؛ ضمن آن که با توجه به نقش کیفیت دارایی‌ها در بروز ریسک سیستمیک پیشنهاد می‌شود تا بانک مرکزی با همکاری بانک‌ها به طراحی و پیاده‌سازی الگوی مناسب اعتبارسنجی اقدام نماید. از سوی دیگر تقویت سیستم‌های مدیریت ریسک در بازار به ویژه در شرایط بحرانی، می‌تواند گامی موثر در جهت کاهش ریسک سیستمیک نظام بانکی کشور باشد. در این راستا پیشنهاد می‌شود ایجاد نهاد ناظر ریسک سیستمیک مدنظر سیاست‌گذاران قرار گیرد. این نهاد باید از قدرت و اختیارات کافی برخوردار باشد و بتواند بر تمامی بازارهای مالی نظارت و به تمام اطلاعات موجود در سایر نهادهای ناظر دسترسی داشته باشد؛ تا ضمن رصد شرایط موجود، در شرایط خاص هشدارهای لازم را بدهد و اقدامات لازم را به اجرا درآورد. اعمال اصلاحات نظارتی و برنامه‌ریزی در خصوص شیوه نظارت و برنامه‌های تدوین شده برای انحلال و یا ادغام موسساتی که ریسک سیستمیک را به نظام مالی انتقال می‌دهند و همچنین اعمال اصلاحات انگیزشی در مقررات و نظارت به منظور انگیزه بخشیدن به بانک‌ها برای محدود نمودن اندازه و پیچیدگی فعالیت‌ها از دیگر موضوعاتی است که جهت کاهش ریسک سیستمیک در شبکه بانکی ایران باید مدنظر سیاست‌گذاران قرار گیرد.

فهرست منابع

- ابریشمی، حمید، مهرآرا، محسن، رحمانی، محمد. (۱۳۹۸). اندازه‌گیری و تحلیل ریسک سیستمیک در بخش بانکداری ایران و بررسی عوامل مؤثر بر آن، مدل‌سازی اقتصادسنجی، دوره ۴، شماره ۳، ۳۶-۱۱.
- آسایش، کورش، فلاح شمس، میرفیض، جهانگیرنیا، حسین، غلامی جمکرانی، رضا. (۱۳۹۹). تبیین مدل ریسک سیستمیک با استفاده از معیار ریزش مورد انتظار نهایی در بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه، دوره ۲۵، شماره ۲، ۱۳۴-۱۱۵.
- براتی، لیلا، فلاح شمس، میرفیض، غفاری، فرهاد، حیدرزاده هنزائی، علیرضا. (۱۳۹۹). ریسک فراگیر بحران مالی در نظام بانکی ایران با رویکرد ARFIMA - FIGARCH - Delta CoVaR و ریزش مورد انتظار حاشیه‌ای، مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۱۱، شماره ۴۵، ۶۱۱-۵۸۷.
- تقی‌زاده، رضا، عبدزاده کنفی، محمد، قرمزی، عالییه. (۱۴۰۱). تحلیلی بر کیفیت سود در شبکه روابط هیات مدیره، مطالعات تجربی حسابداری مالی، دوره ۱۹، شماره ۷۳، ۱۷۵-۱۵۱.
- تهرانی، رضا، سراج، مصطفی، فروش باستانی، علی، فلاح‌پور، سعید. (۱۳۹۹). ارزیابی اثر ریسک سیستمیک بخش بانکی بر عملکرد اقتصاد کلان ایران، تحقیقات مالی، دوره ۲۲، شماره ۳، ۳۱۹-۲۹۷.
- حسنی‌مقدم، رفیع. (۱۴۰۱). محاسبه ارزش در معرض ریسک شرطی (CVaR) برای اوراق مالی اسلامی (صکوک) (مطالعه موردی اوراق مباحه، اجاره و مشارکت)، مطالعات اقتصاد اسلامی، دوره ۱۴، شماره ۲، ۴۹۶-۴۶۵.
- حکمتی فرید، صمد، رضازاده، علی، مالک، علی. (۱۳۹۷). برآورد ریسک سیستمی در بخش مالی اقتصاد ایران (رهیافت ارزشی در معرض ریسک شرطی تفاضلی)، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، سال ۱۲، شماره ۳، ۹۹-۱۲۲.

راعی، رضا، نمکی، علی، عسکری‌راد، حسین. (۱۴۰۲). تجزیه ریسک سیستمیک و بررسی رابطه ابعاد آن با ویژگی‌ها و عملکرد مالی بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، مدیریت دارایی و تامین مالی، دوره ۱۱، شماره ۱، ۳۰-۱.

زنگنه، طیب، رستگار، محمدعلی، چاوشی، سیدکاظم، فلاح شمس، میرفیض. (۱۳۹۹). ارزیابی ریسک سیستمیک نظام بانکی از طریق مدلسازی توپولوژی شبکه بازار بین بانکی، دانش سرمایه‌گذاری، دوره ۹، شماره ۳۵، ۴۸-۲۱.

طالبلو، رضا، داوودی، محمدمهدی. (۱۳۹۶). مقایسه رویکرد EVT با سایر روش‌های سنجش ریسک بازار (VaR) در چارچوب پس‌آزمایی و آزمون کوپیک: دلالت‌هایی برای مدیریت ریسک بازار نهاد‌های مالی، پژوهش‌های اقتصادی ایران، دوره ۲۲، شماره ۷۰، ۱۳۲-۹۹.

عیوضلو، رضا، رامشگ، مهدی. (۱۳۹۸). اندازه‌گیری ریسک سیستمیک با استفاده از کسری نهایی مورد انتظار و ارزش در معرض خطر شرطی و رتبه‌بندی بانک‌ها، مدیریت دارایی و تامین مالی، دوره ۷، شماره ۴، ۱۶-۱.

فرزین‌وش، اسدالله، الهی، ناصر، گیلانی‌پور، 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، دوره ۸، شماره ۳۳، ۲۸۱-۲۶۵.

گوهری‌فر، مصطفی، خاشعی ورنامخواستی، وحید، دهدشتی شاهرخ، زهره، سیف، ولی‌اله. (۱۴۰۰). شناسایی و تبیین چالش‌های کلیدی نظام بانکداری بین‌الملل ایران، پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۲۵، شماره ۲، ۱۲۴-۱۰۰.

نمکی، علی، راعی، رضا، عسکری‌راد، حسین. (۱۴۰۲). بررسی تاثیر ویژگی‌های ساختار شبکه سیستم بانکی بر ریسک سیستمی بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش همبستگی شرطی پویا، چشم‌انداز مدیریت مالی، دوره ۱۳، شماره ۴۱، ۳۶-۹.

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.

Adrian, T., & Brunnermeier, M. K. (2016). CoVaR. *The American Economic Review*, 106(7), 1705.

Adrian, T., & Shin, H. S. (2014). Procyclical leverage and value-at-risk. *The Review of Financial Studies*, 27(2), 373-403.

Allen, L., Bali, T. G., & Tang, Y. (2012). Does systemic risk in the financial sector predict future economic downturns?. *The Review of Financial Studies*, 25(10), 3000-3036.

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.

Bishop, C. (1998). Bayesian pca. *Advances in neural information processing systems*, 11.

Bisias, D., Flood, M., Lo, A. W., & Valavanis, S. (2012). A survey of systemic risk analytics. *Annu. Rev. Financ. Econ.*, 4(1), 255-296.

Brownlees, C., & Engle, R. F. (2017). SRISK: A conditional capital shortfall measure of systemic risk. *The Review of Financial Studies*, 30(1), 48-79.

- Brunnermeier, M., & Krishnamurthy, A. (2019). *Risk Topography: Systemic risk and macro modeling*: University of Chicago Press.
- Brunnermeier, M., & Krishnamurthy, A. (2020). Corporate debt overhang and credit policy. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2020(2), 447-502.
- Danielsson, J., James, K. R., Valenzuela, M., & Zer, I. (2012). Dealing with systemic risk when we measure it badly. *European Center for Advanced Research in Economics and Statistics Working Paper*.
- Danielsson, J., James, K. R., Valenzuela, M., & Zer, I. (2016). Model risk of risk models. *Journal of Financial Stability*, 23, 79-91.
- Davydov, D., Vähämaa, S., & Yasar, S. (2021). Bank liquidity creation and systemic risk. *Journal of Banking & Finance*, 123, 106031.
- Embrechts, P., de Haan, L., & Huang, X. (2000). Modelling multivariate extremes. *Extremes and integrated risk management*, 59-67.
- Engle, R. F., Moshirian, F., Sahgal, S., & Zhang, B. (2014). Banks non-interest income and global financial stability. *CIFR Paper*, (015).
- Fang, L., Xiao, B., Yu, H., & You, Q. (2018). A stable systemic risk ranking in China's banking sector: Based on principal component analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 1997-2009.
- Foglia, M., & Angelini, E. (2021). The triple (T3) dimension of systemic risk: Identifying systemically important banks. *International Journal of Finance & Economics*, 26(1), 7-26.
- Hill, B. M. (1975). A simple general approach to inference about the tail of a distribution. *The annals of statistics*, 1163-1174.
- Lan, C., Huang, Z., & Huang, W. (2020). Systemic risk in China's financial industry due to the COVID-19 pandemic. *Asian Economics Letters*, 1(3), 18070.
- Ma, D., & Chen, S. (2020). Bayesian compressive principal component analysis. *Frontiers of Computer Science*, 14, 1-10.
- Nucera, F., Schwaab, B., Koopman, S. J., & Lucas, A. (2016). The information in systemic risk rankings. *Journal of Empirical Finance*, 38, 461-475.
- Pukthuanthong, K., & Roll, R. (2009). Global market integration: An alternative measure and its application. *Journal of Financial Economics*, 94(2), 214-232.
- Tipping, M. E., & Bishop, C. M. (1997). Mixtures of principal component analyzers.
- Van Oordt, M., & Zhou, C. (2019). Systemic risk and bank business models. *Journal of Applied Econometrics*, 34(3), 365-384.

Systemic risk modeling in Iran's banking system based on Bayesian principal component approach (BPCA)

Leila Peyman

PhD Student, Department of Financial Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Leylapayman84@gmail.com

Mirfeiz Fallah Shams

Associate Professor, Department of Financial Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Mir.fallahshams@iauctb.ac.ir

Shadi Shahverdiani

Assistant Professor, Department of Financial Management, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods, Iran (Corresponding Author).

Shadishahverdiani@iau.ac.ir

Maryam Khalili Iraghi

Associate Professor, Department of Financial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

M.khaliliiraghi@gmail.com

Abstract

In the theoretical risk literature, countless measures have been taken to quantify the systemic risk of financial institutions. Based on this, in recent decades, due to the complex nature of the financial system and different definitions of systemic risk, various criteria have been presented to measure systemic risk. So that currently there are about 31 different criteria for measuring systemic risk. The existence of different criteria for measuring systemic risk has caused contradictions in the results of different studies; Based on this, it is necessary to provide a single measurement method that is agreed upon by everyone. With this approach, in the present study, using price-based indices and fundamental indices, a stable composite systemic risk index has been presented. In order to achieve this goal, systemic risk indicators include value at risk (VaR), conditional value at risk (CoVaR), Changing conditional value at risk (CoVaR Δ), beta coefficient, leverage ratio (LVG), nominal systemic risk ($\beta \times MV$), systemic risk (SRISK), marginal expected shortfall (MRES), systemic risk index based on the specific risk sequence of each bank and systemic link (EVT approach) was estimated for the period of 2012-2023 and then the amount of explanation the performance of systemic risk indicators of the impact of crises on selected banks was investigated in the framework of principal component analysis (PCA) and bayesian principal component analysis (BPCA) methods. For this purpose, among the accepted banks in the Iranian Stock Exchange, the survey data of 9 banks including Eghtesad Novin, Mellat, Karafarin, Tejarat, Parsian, Saderat, Post Bank, Sina and Pasargad were used. Based on the results, the composite systemic risk index constructed using BPCA exhibits an upward trend over the study period, indicating increasing vulnerability of the Iranian banking system to systemic shocks. The disaggregated results further show that market risk is mainly volatile and driven by short-term shocks, whereas fundamental and network-based risks follow more stable and relatively consistent upward patterns. In the bank-level ranking, significant differences are observed across different risk dimensions. Banks Mellat and Saderat are identified as the most systemically risky institutions based on the overall index, while in the network

dimension, Bank Keshavarzi and Parsian play a more central role in risk transmission within the banking system.

Keywords: systemic risk, Iranian banking system, principal component analysis (PCA), Bayesian principal component method (BPCA).