



## Analyzing of Systemic Risk Contributions of Tehran Stock Exchange Companies by Complexity Approach<sup>1</sup>

Ali Namaki<sup>2</sup>, Ezatollah Abbasian<sup>3</sup>, Elahe Shafiei<sup>4</sup>

Received: 2020/04/06

Accepted: 2020/09/01

### Abstract

With the recent extension of markets and increasing financial interactions, institutions are affected by their systemic risk and the systemic risk of other institutions and markets. Also, by changing the structure and characteristics of institutions in their complex network, the Systemic risk contribution of these institutions will be different. It is important for lawmakers, investors, and others to control, manage and reduce systemic risk. The purpose of this paper is to analyze the structure of the financial institutions' local topology on their systemic risk contribution. The purpose of this study is to investigate the contribution of systemic risk, using Tehran stock exchange data (on twenty stock companies from March 2014 to March 2019) with the change of Conditional Value-at-Risk ( $\Delta\text{CoVaR}$ ). Initially, a dynamic conditional correlation multivariate GARCH model (DCC-MVGARCH) is used to calculate the conditional correlation matrix and the minimum spanning tree (MST) is constructed. Then, the topology structure of the financial institutions' network and relationships between these characteristics and systemic risk is estimated. By quantifying the relationship between local topology structure and systemic risk contribution by panel data regression analysis, it found that there is a significant relationship between the change of Conditional Value-at-Risk ( $\Delta\text{CoVaR}$ ) and the local topology structure such as node closeness centrality, node strength, and node degree. So, there is a significant relationship between systemic risk contribution and the local topology structure. The results show that there is a positive relationship between systemic risk contribution and node closeness centrality, so financial institutions with larger node closeness centrality have higher systemic risk contributions. Also, there is a negative relationship between systemic risk contribution and node strength and node degree. Therefore, financial institutions with greater node strength and larger node degrees have lower systemic risk contributions. But with the data analyzed in this study, no significant relationship is found between node betweenness centrality and systemic risk contributions.

**Keywords:** Systemic Risk Contribution, DCC, Complex Networks, Minimum Spanning Tree.

**JEL Classification:** G01, G11, G32

1. DOI: 10.22051/JFM.2020.30910.2360
2. Assistant Professor, Department of Financial, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran. Email: alinamaki@ut.ac.ir.
3. Associate Professor, Department of Governmental Management, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran. Email: e.abbasian@ut.ac.ir.
4. M.Sc. Department of Governmental Management, Alborz Complex, Tehran University, Tehran, Iran. (Corresponding Author). Email: elaheshafiei@ut.ac.ir.



فصلنامه راهبرد مدیریت مالی

دانشگاه الزهرا

سال دهم، شماره سی و ششم، بهار ۱۴۰۱

صفحات ۹۱-۱۱۲



مقاله پژوهشی

تجزیه و تحلیل میزان ریسک سیستمی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رویکرد سیستم‌های پیچیده<sup>۱</sup>

علی نمکی<sup>۲</sup>، عزت‌اله عباسیان<sup>۳</sup>، الهه شفیعی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸

## چکیده

امروزه با درهم تنیدگی بازارهای مالی، استفاده از ایده سیستم‌های پیچیده جهت تحلیل بازار بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی، با گسترش تعاملات بین بازارها، شرکت‌ها و نهادهای مالی، مفهوم ریسک سیستمی و تأثیر ساختار شبکه مالی بر میزان ریسک سیستمی اجزای آن، از حیث کنترل و مدیریت ریسک به یکی از موارد مهم و حائز اهمیت نزد سیاست‌گذاران، قانون‌گذاران، سرمایه‌گذاران و ... تبدیل شده است. بنابراین، پژوهش حاضر با به کارگیری سنجه ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی (ACoVaR) به تجزیه و تحلیل تأثیر ساختار توپولوژی محلی مؤسسات مالی در شبکه مالی بر میزان ریسک سیستمی ۲۰ شرکت فعال تر بورس اوراق بهادار تهران از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا پایان سال ۱۳۹۷ پرداخته است. برای این منظور، ابتدا از مدل GARCH چندمتغیره همبستگی شرطی پویا (DCC-MVGARCH) برای محاسبه ماتریس همبستگی شرطی و ایجاد درخت مینیمم پوشا (MST) استفاده نموده است. سپس، خصوصیات توپولوژی شبکه مؤسسات مالی در شبکه مالی مورد نظر محاسبه و روابط میان خصوصیات و ریسک سیستمی بررسی شده است. با این توضیح که با کمی‌سازی رابطه بین ساختار توپولوژی محلی و میزان ریسک سیستمی با تحلیل رگرسیون داده‌های پانلی می‌توان دریافت که میان مرکزیت نزدیکی گره، قدرت گره و درجه گره با ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی و بنابراین میزان ریسک سیستمی رابطه معناداری وجود دارد. در این پژوهش، نتایج نشان داد مؤسسات مالی با مرکزیت نزدیکی بیشتر، قدرت گره کمتر و درجه گره کوچکتر، میزان ریسک سیستمی بیشتری دارند. اما، میان مرکزیت بینابینی گره و میزان ریسک سیستمی مؤسسات رابطه معناداری یافت نشد.

**واژگان کلیدی:** میزان ریسک سیستمی، همبستگی شرطی پویا، شبکه‌های پیچیده، درخت مینیمم پوشا.

**طبقه‌بندی موضوعی:** G01, G11, G32.

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/JFM.2020.30910.2360

۲. استادیار، گروه مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. Email: alinamaki@ut.ac.ir

۳. دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. Email: e.abbasian@ut.ac.ir

۴. کارشناسی ارشد، گروه مدیریت مالی، پردیس البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). Email: elaheshafiei@ut.ac.ir

## مقدمه

امروزه به علت افزایش پیوستگی و ارتباط میان بازارها، شرکت‌ها و نهادهای مالی ناشی از گسترش بازارها و پیچیده‌تر شدن تعاملات و ابزارهای مبادله در سطح جهانی و ملی، مسئله بحران‌های مالی<sup>۱</sup> بسیار مورد توجه قرار گرفته است و یافتن پاسخ این پرسش که آیا مقررات مالی کفایت لازم برای برقراری ثبات در سیستم مالی را دارند یا خیر؟، به یکی از دغدغه‌های پژوهشگران حوزه اقتصاد و مالی تبدیل شده است (کراوس و گیانست<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵). زیرا، نتایج حاصل از بحران‌ها باعث ایجاد مفهوم ریسک سیستمی<sup>۳</sup> میان فعالان بازارها و پژوهشگران شده و بسیاری از آنها بر اندازه‌گیری میزان اثرگذاری و اثرپذیری نهادهای مالی از ریسک سیستمی، عوامل مؤثر بر میزان ریسک سیستمی و نحوه سرایت ریسک میان مؤسسات در شبکه مالی تمرکز کرده‌اند (مرادمنندجلالی و حسنلو، ۱۳۹۵).

از مفهوم ریسک سیستمی نیز تعاریف متعددی ارائه شده که تعریف گروه ۲۰ صندوق بین‌المللی پول و بانک تسویه بین‌الملل<sup>۴</sup> از مهم‌ترین آنها است. طبق این تعریف، ریسک سیستمی عبارت است از خطر ناشی از نکول یک مؤسسه در برابر دیگر مؤسسات و مشارکت‌گندگان که به شکل زنجیره‌ای به نکول دیگر مشارکت‌کنندگان در عمل به تعهدات خود منجر می‌شود. در واقع، این ریسک به ارتباط و بهم پیوستگی اعضای یک سیستم مالی اشاره دارد، به گونه‌ای که اگر یک شرکت با شکست مواجه شود و دچار ورشکستگی گردد، این بحران به دیگر شرکت‌ها سرایت نموده و اثر منفی آن به صورت موج‌وار به دیگران انتقال می‌یابد. پژوهشگران بر این باورند با اندازه‌گیری ریسک سیستمی مؤسسات می‌توان شرکت‌های با سهم بیشتر

در این ریسک را شناسایی و با وضع قوانین و مقررات مرتبط با نتایج حاصله، ریسک کل در بازار مالی را کاهش داد و ریسک سیستمی را مدیریت و کنترل نمود. طبق رکن ۱ توافقنامه بازل ۱ و ۲<sup>۵</sup>، سنجه ارزش در معرض خطر (VaR<sup>۶</sup>) به عنوان رایج‌ترین روش اندازه‌گیری ریسک توسط مؤسسات مالی شناخته شده و آن بیانگر حداکثر زیان مؤسسه است. اما این سنجه توانایی اندازه‌گیری ریسک سیستمی را ندارد. زیرا، فقط ریسک پیش روی مؤسسه مالی را به طور منحصربه‌فرد اندازه‌گیری می‌کند و توانایی برآورد اهمیت این ریسک که ناشی از درجه اهرم، اندازه و همبستگی و ارتباط شرکت با سایر شرکت‌ها در سیستم مالی است را ندارد (آدرین و برانرمریر<sup>۷</sup>، ۲۰۱۴). از این رو، در توافقنامه بازل ۳<sup>۸</sup>، مسئله ریسک سیستمی بیشتر مورد توجه قرار گرفت و چارچوب مناسبی برای نظارت بر بازارهای مالی تنظیم و تدوین شد. در این راستا، آدرین

1. Financial Crisis
2. Krause & Giansante
3. Systemic Risk
4. Bank for International Settlements (BIS)
5. Basel I and II Agreements
6. Value at Risk
7. Adrian & Brunnermeier



و برونرمیر<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) معیار ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی<sup>۲</sup> ( $\Delta\text{CoVaR}$ ) را برای محاسبه ریسک سیستمی شرکت پیشنهاد داده‌اند و پژوهش حاضر نیز از همین معیار استفاده نموده است. از سوی دیگر، از بازارهای مالی به دلیل ساختار بسیار پیچیده می‌توان به‌عنوان شبکه‌های پیچیده یاد کرد و با استفاده از این شبکه‌ها به تجزیه و تحلیل آنها پرداخت. کما این که پژوهش‌های بسیاری از جمله راعی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) و نمکی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) با استفاده از شبکه‌های پیچیده به بررسی بازارهای مالی پرداخته‌اند. در این بین، شبکه سهام یکی از انواع شبکه‌های مالی است که آن را می‌توان در قالب‌های مختلف از جمله بر مبنای همبستگی میان سهام شرکت‌های مختلف نمایش داد که در واقع در این شبکه‌ها، گره‌ها بیانگر مؤسسات و یال‌ها بیانگر همان همبستگی و ارتباط میان آنها است که ریسک از طریق همبستگی میان گره‌ها به یکدیگر انتقال می‌یابد. بنابراین، ویژگی‌های ساختار شبکه می‌تواند بر ریسک سیستمی و سهم مؤسسات از این ریسک تأثیرگذار باشد و اخیراً پژوهش‌هایی بر پایه خصوصیات توپولوژی و ساختار سلسله مراتبی شبکه همبستگی سهام انجام گرفته است. اما به‌ندرت، شبکه همبستگی قیمت سهام با ساختار توپولوژی محلی آنها و ارتباط آن با ریسک سیستمی مورد بررسی قرار گرفته است. از این‌رو، پژوهش حاضر به تجزیه و تحلیل ساختار توپولوژی محلی مؤسسات و نهادهای مالی در شبکه مالی و سهم آنها از ریسک سیستمی پرداخته است. برای این منظور، در ادامه، ابتدا همبستگی شرطی پویا<sup>۵</sup> در مدل گارچ چندمتغیره<sup>۶</sup> برآورد شده و با استفاده از آن، ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی که نماینده میزان ریسک سیستمی است، تخمین زده شده است. سپس، با استفاده از همبستگی‌های شرطی پویا درخت مینیمم پوشا<sup>۷</sup> ایجاد شده و ویژگی‌ها و رفتار ساختار شبکه مالی بررسی شده است.

### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

منتگنا<sup>۸</sup> (۱۹۹۸) به ایجاد شبکه سهام بر پایه تغییرات قیمت دارایی در دوره زمانی ۱۹۸۹ الی ۱۹۹۵ پرداخته است. وی، شاخص صنعتی داوجونز و اس‌اند پی ۵۰۰ را با ایده درخت مینیمم پوشا و درخت سلسله مراتبی ایجاد نموده است. انلا و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۴) با روش گراف دارایی و ضریب خوشگی، اندازه و تعداد عناصر مستقل (خواص ساختاری شبکه) به بررسی شبکه سهام بازار نیویورک پرداخته‌اند. سیتونگیر

1. Adrian & Brunnermeier
2. Delta Conditional Value at Risk ( $\Delta\text{CoVaR}$ )
3. Raei et al
4. Namaki et al
5. Dynamic Conditional Correlation (DCC)
6. Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (MV-GARCH)
7. Minimum Spanning Tree (MST)
8. Mantegna
9. Onnela et al

و سوریا<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) با ماتریس بازده اقلیدسی به ایجاد درخت مینیمم پوشا و دندروگرام<sup>۲</sup> در بورس جاکارتا پرداخته‌اند و نشان دادند هرچه سهام‌ها از یکدیگر دورتر شوند، ضرائب همبستگی میان آنها کمتر و تأثیرگذاری آنها بر یکدیگر کاهش می‌یابد. بگینسکی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) خواص شبکه حاصل از ۶۵۲۶ سهم از بازار سهام آمریکا از جمله عناصر مستقل و خوشگی را بررسی کرده‌اند. بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زمینه ریسک سیستمی بعد از بحران مالی سال ۲۰۰۸ صورت گرفته است. آدرین و برونر میر (۲۰۰۸) ریسک سیستمی را برای شرکت‌ها و نهادهای مالی کشورهای مختلف با استفاده از معیار ارزش در معرض خطر در حالتی که یک شرکت یا نهاد در شرایط بحران باشد، کمی کرده‌اند. آنها از رویکرد رگرسیون مبنی بر کوانتایل برای محاسبه ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض خطر شرطی بهره برده‌اند. تاراشو و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۹) معتقدند ریسک سیستمی زمانی به وجود می‌آید که انجام خدمات مالی با مشکلاتی مواجه شود و این اختلال در سایر یا همه قسمت‌های دیگر سیستم مالی منتشر شده و موجب بروز پیامدهای منفی و مخرب در کل اقتصاد شود. مطالعات تکمیلی روش ارزش در معرض خطر توسط آدرین و برونر میر (۲۰۱۱) انجام شد. آنها برای محاسبه میزان ریسک سیستمی، معیار ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی را پیشنهاد داده‌اند. بدین صورت که این معیار در واقع تفاضل ارزش در معرض خطر شرطی مؤسسه در حالتی که در شرایط بحران باشد و ارزش در معرض خطر شرطی همان مؤسسه به شرطی که در حالت معمولی باشد، است. آنها دریافتند که رابطه ارزش در معرض خطر یک نهاد یا شرکت و میزان ریسک سیستمی، رابطه پایداری نیست و برای مدیریت ریسک، نباید فقط بر معیار VaR اکتفا کرد. لویز اسپینوزا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۱) عوامل تأثیرگذار بر ریسک سیستمی را در بانک‌های بین‌المللی شناسایی کرده و با به‌کارگیری ابزار ارزش در معرض خطر شرطی ریسک سیستمی را محاسبه کردند. جراردی و ارگان<sup>۶</sup> (۲۰۱۳) با استفاده از توسعه شاخص CoVaR، ریسک سیستمی را برآورد کرده‌اند. بدین صورت که زمانی بحران مالی اتفاق می‌افتد که بازده شرکت، حداکثر در سطح VaR (در مقابل دقیقاً برابر با VaR) باشد. آنها با به‌کارگیری مدل DCC-MVGARCH به محاسبه ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی در چهار بخش مالی پرداخته و دریافتند که مؤسسه‌های سپرده‌پذیر قبل و بعد از بحران ۲۰۰۸ برای بیشترین میزان ریسک سیستمی را به خود اختصاص داده‌اند. برنال و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۴) بخش‌های صنایع بانکداری، بیمه و سایر مؤسسه‌های خدمات مالی از نظر میزان ریسک سیستمی را با معیار  $\Delta\text{CoVaR}$  رتبه‌بندی نموده‌اند. نتایج نشان داد ریسک سیستمی سهام این سه گروه اصلی مالی نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است. هوانگ و

1. Situngkir & Surya
2. Dendrogram
3. Boginski et al
4. Tarashev et al
5. López-Espinosa et al
6. Girardi & Ergün
7. Bernal et al

همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) اثر تغییرات رفتاری مؤسسه‌های در شبکه مالی بر ریسک سیستمی را در داده‌های اوراق بهادار چین بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد با افزایش خواص توپولوژیکی از جمله قدرت گره، مرکزیت بینابینی گره، مرکزیت نزدیکی گره و ضریب خوشگی گره، میزان ریسک سیستمی مؤسسه‌ها افزایش می‌یابد. دربالی و هالارا<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) ریسک سیستمی اروپا را با شاخص کسری نهایی مورد انتظار<sup>۳</sup> محاسبه کرده‌اند. آنها برای این کار از روش گارچ چند متغیره استفاده کرده و مؤسسه‌های مختلف را به لحاظ ریسک سیستمی رتبه‌بندی نموده‌اند. لانگ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۷) نیز همین مسئله را با استفاده از شاخص ارزش در معرض خطر شرطی صنعت بر پایه همبستگی شرطی پویا و به‌کارگیری روش درخت مینیمم پوشا مطالعه کرده‌اند. نتایج بیانگر بیشتر بودن میزان ریسک سیستمی صنایع کوچک نسبت به صنایع بزرگ بود.

نمکی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از شبکه‌های پیچیده و روش حد آستانه به تجزیه و تحلیل بازار سرمایه پرداخته‌اند. نتایج نشان داد در اطراف میانگین همبستگی‌ها در شبکه، یال‌ها و در نتیجه اتصالات بیشتری متمرکز بوده و هرچه شرکت‌ها از این میانگین دور شوند، همبستگی‌ها و در نتیجه ریسک سیستمی کل کاهش می‌یابد. نظری (۱۳۹۰)، درخت مینیمم پوشا و سلسه مراتبی را برای بازه ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۹ روی قیمت‌های روزانه، ارزش معاملات و ارزش بازار ۳۵۳ شرکت فعال در بورس، بررسی و خوشه‌بندی کرده و دریافت با افزایش طول درخت، توانایی متنوع‌سازی پرتفوی افزایش می‌یابد. همچنین سهام با وزن بیشتر، فاصله دورتری نسبت به گره مرکزی دارند. به علاوه، با بررسی توزیع درجه مؤسسه‌های در شبکه می‌توان گفت شرکت‌هایی که تعداد و اندازه محدودی دارند، به‌طور قابل توجهی می‌توانند بر سایر شرکت‌های بازار اثرگذار باشند. احمدی و همکاران (۱۳۹۳) با تمرکز بر الگوهای اندازه‌گیری ریسک سیستمی بیان کردند که دو رویکرد کلی در اندازه‌گیری ریسک سیستمی وجود دارد. یکی، اندازه‌هایی که ریسک کل سیستم را در صورت بروز بحران در یک شرکت یا نهاد کلیدی می‌سنجد و دیگری ریسک مؤسسه را زمانی که کل سیستم در حالت بحران است اندازه‌گیری می‌کند. مرادمند جلالی و حسنلو (۱۳۹۵) توانایی انتشار ریسک سیستمی از گروه‌های مالی بانکداری، بیمه و شرکت‌های سرمایه‌گذاری را در کل اقتصاد بررسی و دریافتند که بخش بانکداری و بیمه، بیشترین سهم از این ریسک را دارند. نورعلیدخت (۱۳۹۵) میزان سرایت در شبکه بازار سرمایه را مورد مطالعه قرار داده و بیان کردند که هرچه ارتباط میان شرکت‌ها بیشتر شود، تأثیر بر شبکه مالی افزایش می‌یابد. در نتیجه هنگام بروز بحران، این خطر به میزان بیشتری انتقال پیدا می‌کند. حکمتی فرید و همکاران (۱۳۹۷) با به‌کارگیری روش  $\Delta\text{CoVaR}$ ، ریسک سیستمی سه بخش بانک، بورس و بیمه را مورد مطالعه قرار داده و دریافتند که صنعت بیمه بیشترین و بخش بانکی کمترین میزان ریسک سیستمی در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۴ را دارا بوده‌اند. چندی دیگر از پژوهشگران داخلی از جمله جعفر باباجانی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی ریسک سیستمی در بازار سرمایه پرداخته و دریافتند که با استفاده از اهرم مالی، اندازه، نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار و نوسانات بازده تا حد زیادی می‌توان ریسک

1. Huang et al
2. Derbali & Hallara
3. Marginal Expected Shortfall (MES)
4. Long et al

سیستمی را پیش‌بینی نمود. نمکی و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مفهوم شبکه به رتبه‌بندی بانک‌ها و بررسی ویژگی‌های توپولوژی شبکه پرداخته‌اند. رادفر و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که بین ریسک سیستمی و اندازه بانک رابطه معناداری وجود دارد.

### پرسش‌های پژوهش

بین میزان ریسک سیستمی مؤسسات مالی و ساختار توپولوژی محلی آنها در شبکه مالی ارتباط معناداری وجود دارد یا خیر؟

### روش‌شناسی پژوهش

#### سنجه ارزش در معرض خطر شرطی

این معیار مبتنی بر مفهوم ارزش در معرض خطر با به‌کارگیری مفهوم تأثیر سرایت بنگاه اقتصادی و کل سیستم به‌دنبال کمی‌سازی ریسک سیستمی است. VaR بیانگر حداکثر زیان مورد انتظار در یک دوره زمانی معین و سطح اطمینان مشخص (q%) است (کمپبل و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). بدین صورت که:

$$\Pr(R_i \leq VaR_{iq}) = q\% \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه بالا،  $R_i$  عبارتست از زیان شرکت  $i$  که  $VaR_{iq}$  برای آن شرکت تعریف شده است. ارزش در معرض خطر شرطی، VaR بازار را در حالی اندازه‌گیری می‌کند که یک بنگاه خاص ( $i$ ) در یک حالت خاص (خواه بحران و خواه عادی) باشد.

$$\Pr(R_i \leq CoVaR_{qm} | C(R_i)) = q\% \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه بالا، معیار  $\Delta CoVaR_m | i_{q,t}$  نمایانگر میزان ریسک سیستمی است، به‌طوری که تفاضل ارزش در معرض خطر شرطی بازار را در زمانی که یک بنگاه در حالت بحران باشد و ارزش در معرض خطر شرطی بازار را در صورتی که همان بنگاه در حالت عادی باشد را اندازه‌گیری می‌کند. بیان این معیار به‌شرح رابطه زیر است:

$$\Delta CoVaR_m | i_{q,t} = CoVaR_{qm} | R_i = VaR_{iq} - CoVaR_{qm} | R_i = \text{Mediani} \quad \text{رابطه (۳)}$$

درواقع، چگونگی افزایش VaR بازار را در شرایطی که شرکت  $i$  از حالت میانه به حالت بحران (در سطح VaR) می‌رود، کمی‌سازی می‌کند و سهم یک بنگاه خاص از ریسک کل سیستم است.

### نحوه محاسبه $\Delta CoVaR$

روش‌های محاسبه ارزش در معرض خطر به‌طور کلی به دو گروه پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شوند. روش پارامتریک شامل روش واریانس کوواریانس و دیگر روش‌های تحلیل است. روش ناپارامتریک

نیز شامل شبیه‌سازی مونت کارلو و شبیه‌سازی تاریخی است. در این بین، الگوهای ناهمسانی واریانس شرطی چندمتغیره را می‌توان در سه دسته کلی الگوهای ماتریس کوواریانس شرطی (تعمیم مستقیم الگوهای GARCH تک متغیره بولرسلف<sup>۱</sup> (۱۹۸۶))، الگوهای واریانس شرطی و همبستگی شرطی (ترکیب غیرخطی الگوهای GARCH تک متغیره شامل الگوهای همبستگی شرطی ثابت (CCC) و همبستگی شرطی پویا (DCC)) و ترکیب خطی الگوهای GARCH تک متغیره طبقه‌بندی کرد. در این مقاله از الگوی همبستگی شرطی گارچ چندمتغیره جهت محاسبه معیار ریسک سیستمی، یعنی ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی ارائه شده توسط انگل<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) استفاده شده است. ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی ( $H_t$ ) را می‌توان تجزیه نمود و به صورت زیر بیان کرد:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$D_t = \text{diag} \left( h_{11,t}^{\frac{1}{2}} \dots h_{NN,t}^{\frac{1}{2}} \right) \quad \text{رابطه (۵)}$$

ماتریس  $D_t$ ، یک ماتریس قطری است که  $i$  امین مؤلفه بر روی قطر آن متناظر با انحراف معیار شرطی  $i$  امین دارایی ( $h_{iit}^{\frac{1}{2}}$ ) است. به صورت هر الگوی GARCH تک متغیره‌ای می‌تواند تعریف شود و  $R_t$  نیز ماتریس همبستگی متغیر طی زمان است که تنها تفاوت میان DCC و CCC، متغیر با زمان بودن ماتریس همبستگی شرطی پسماندها ( $R_t$ ) است.

$$R_t = \text{diag} \left( q_{11,t}^{\frac{1}{2}} \dots q_{NN,t}^{\frac{1}{2}} \right) Q_t \text{diag} \left( q_{11,t}^{\frac{1}{2}} \dots q_{NN,t}^{\frac{1}{2}} \right) \quad \text{رابطه (۶)}$$

$Q_t$  ماتریس معین مثبت متقارن  $N \times N$  است به صورتی که:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha u_t' u_t - 1 + \beta Q_t - 1 \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در این رابطه،  $u_{it} = \eta_{it} / h_{it}$  و نیز ماتریس همبستگی غیرشرطی  $u_t$  از پسماند استاندارد است که دارای ابعاد  $N \times N$  است.

$$\bar{Q}_t = \text{cov}(u_t u_t') = E[u_t u_t'] \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$\alpha \geq 0, \beta \geq 0,$$

$$\alpha + \beta < 1,$$

همچنین،  $\alpha$  و  $\beta$  پارامترهای اسکالر غیرمنفی بوده که با استفاده از تخمین حداکثر درست‌نمایی محاسبه می‌شوند. محدودیت‌هایی که برای پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  برآورد شده است، برای تضمین معین مثبت

1. Bollerslev

2. Engle



بودن ماتریس  $Q_t$  بوده که این شرط لازم و کافی برای معین مثبت بودن ماتریس  $R_t$  نیز هست (انگل و شپارد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). تخمین ضریب  $\rho_{ij}$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho_{ij}^2 = \frac{q_{ij}^t}{\sqrt{q_{ii}^t q_{jj}^t}} \rho_{ij}^2 = \frac{q_{ij}^t}{\sqrt{q_{ii}^t q_{jj}^t}} \quad \text{رابطه (۹)}$$

همان‌طور که بیان شد  $\Delta \text{CoVaR}_m | i_{q,t}$  نماینده میزان ریسک سیستمی است که به صورت تفاوت بین ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR) بازار در شرایطی که یک شرکت در وضعیت نامناسبی قرار دارد و ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR) بازار در شرایط عادی همان شرکت، تعریف می‌شود.

$$\Delta \text{CoVaR}_m | i_{q,t} = \text{CoVaR}_{qm} | R_i = \text{VaR}_{iq} - \text{CoVaR}_{qm} | R_i = \text{Mediani} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

با استفاده از روابط زیر می‌توان ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی را تخمین زد:

$$\text{VaR}_i^t(p1) = -\Phi^{-1}(p1) \sigma_i^t \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$\text{CoVaR}_{s|i}^t(p2) = \Phi^{-1}(p2) \sigma_s^t \sqrt{1 - (\rho_{i,s}^t)^2} - \Phi^{-1}(p1) \rho_{i,s}^t \sigma_s^t \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

از طرفی، به دلیل آن که مقدار  $\Phi^{-1}(50\%) = 0$  است و با توجه به رابطه (۱۰)، می‌توان رابطه زیر را برای ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی برآورد کرد:

$$\Delta \text{CoVaR}_{s|i}^t(p2) = \Phi^{-1}(p1) \rho_{i,s}^t \sigma_s^t \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

#### ساختار شبکه

یک شبکه در برگیرنده مجموعه‌ای از نودها ( $V$ ) بوده که ارتباط میان آنها به وسیله یال ( $E_t$ ) می‌باشد. در شبکه مالی شرکت‌ها همان مجموعه نقاط شبکه بوده و به وسیله همبستگی بازده سهام به یکدیگر متصل می‌شوند. در این مقاله، همبستگی شرطی پویا ( $\rho_{ij}$ ) به عنوان اوزان یال‌های شبکه مالی در نظر گرفته شده که می‌تواند مقادیر صفر و یک و منفی یک و بازه منفی یک تا یک را اتخاذ کند و بیانگر همبستگی میان شرکت  $i$  و  $j$  در روز  $t$  است. ماتریس ضریب همبستگی  $\rho_{ij}$  یک ماتریس  $N \times N$  متقارن بوده و با استفاده از آن یک شبکه مالی به نام  $G_t(V, E_t)$  در روز  $t$  تشکیل می‌شود، به گونه‌ای که نودها  $V = \{1, 2, \dots, N\}$  و یال‌ها به صورت  $E_t = \{e_{ij}^t | e_{ij}^t = \rho_{ij}\}$  باشد که برای  $i=j$   $\rho_{ij}=1$  خواهد بود. ضریب همبستگی نمی‌تواند بیان‌کننده فاصله بین دو شرکت باشد. زیرا شروط اقلیدسی را برآورده نمی‌کند. به همین دلیل از رابطه زیر ارائه شده توسط گورور<sup>۲</sup> (۱۹۷۱) جهت نمایش فاصله شرکت‌ها استفاده شده است.

$$d_{ij} = \sqrt{2(1 - \rho_{ij})} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

1. Engle & Sheppard  
2. Gower

به گونه‌ای که  $0 \leq d_{ij} \leq 2$  و مقدار همبستگی بیشینه ( $\rho$ ) باشد، این مقدار کمینه (یعنی مقدار صفر) خواهد بود. در این صورت، مجموعه‌های نقاط و یال‌های شبکه مالی به شکل  $G_t(V, E_t)$  به  $E_t = \{e_{ij}^t | e_{ij}^t = d_{i,j}\}$  بازنویسی شده است. حاصل ماتریس مربع و متقارن  $N \times N$  است که درایه‌های قطر اصلی آن صفر است. این شبکه به خودی خود جذابیتهای ندارد. بنابراین، با ساخت درخت مینیمم پوشا با استفاده از الگوریتم کروسکال می‌توان به گرافی متشکل از  $N$  مؤسسه مالی و شامل  $N-1$  یال دست یافت. درخت مینیمم پوشا، کوچکترین درخت پوشاننده (درخت هم‌بندی که دور ندارد و دارای وزن است) بین درخت‌های پوشای آن گراف است که مجموع وزن یال‌های آن، کمترین مقدار بین سایرین بوده است. الگوریتم کروسکال بدین صورت است که ابتدا کوچکترین یال در گراف انتخاب شده، سپس این کار تکرار می‌گردد. ممکن است یال انتخابی بعدی که دارای کوچکترین مقدار در بین سایر یال‌های باقی مانده است، به یال اول متصل باشد یا در بخش دیگری از گراف قرار داشته باشد. این مراحل تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی رئوس بدون این که دور ایجاد کنند به یکدیگر متصل شوند.

#### ساختار توپولوژی شبکه

مرکزیت؛ معیار شناسایی نقاط دارای اهمیت و ارتباط آنها در یک شبکه است و با روش‌های مختلفی محاسبه می‌شود. در این پژوهش به چهار نوع مرکزیت با کاربرد بیشتر پرداخته شده است. مرکزیت بینابینی گره<sup>۱</sup>: تعداد نقاطی که به گره موردنظر وصل بوده اما خودشان به یکدیگر وصل نیستند.

$$Bit = \sum_{j < k} \frac{g_{j,k}^i}{g_{j,k}} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

هرچه میزان این مرکزیت بیشتر باشد، آن گره دارای تأثیر بیشتری بر سایر مؤسسات خواهد بود. مرکزیت نزدیکی گره<sup>۲</sup>: این نوع مرکزیت فقط برای شبکه‌های هم‌بند تعریف شده و بیانگر میزان نفوذ یک گره در کل شبکه بوده و با ظرفیت یک مؤسسه برای سرایت بحران در ارتباط است که طول کوتاه‌ترین مسیر بین مؤسسه  $i$  و  $j$  است.

$$C_i^t = \sum_{j \in V, j \neq i} l_{i,j} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

قدرت گره<sup>۳</sup>: برابر است با مجموع ضرایب همبستگی یک گره با دیگر نودهایی که به آن متصل هستند.

$$S_i^t = \sum_{j \in \Omega_i} \rho_{i,j}^t \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

درجه گره<sup>۴</sup>: مجموع تعداد نودهایی است که به گره  $i$  متصل هستند.

1. Node Betweenness Centrality
2. Node Closeness Centrality
3. Node Strength
4. Node Degree

## یافته های پژوهش

پژوهش حاضر از داده های ۲۰ شرکت فعال تر بورس (معرفی شده در دوره سه ماهه اول سال ۱۳۹۸) در روزهای فعال بورس در دوره زمانی ابتدای سال ۱۳۹۳ تا پایان سال ۱۳۹۷ استفاده نموده است. در واقع داده ها برای ۱۲۰۹ روز موجود بود و قیمت های تعدیل شده سهام و برخی اطلاعات صورت های مالی به ترتیب از نرم افزار tseclient و سایت کدال استخراج شده اند. اسامی مؤسسات مورد بررسی به شرح زیر است.

جدول ۱. شرکت های فعال تر بورس اوراق بهادار-نیمسال اول ۹۸

ردیف	نام شرکت	نماد	stock
۱	فولاد مبارکه اصفهان	فولاد	foolad
۲	صنایع پتروشیمی خلیج فارس	فارس	fars
۳	ملی صنایع مس ایران	فملی	famli
۴	معدنی و صنعتی گل گهر	کگل	kgol
۵	معدنی و صنعتی چادرملو	کچاد	kachad
۶	س. نفت و گاز و پتروشیمی تأمین	تاپیکو	topico
۷	شرکت ارتباطات سیار ایران	همراه	hamrah
۸	گسترش نفت و گاز پارسیان	پارسان	parsan
۹	توسعه معادن و فلزات	ومعادن	vmaaden
۱۰	فولاد خوزستان	فخوز	fkhoos
۱۱	مخابرات ایران	اخابر	akhaber
۱۲	سایپا	خسایپا	khsaipa
۱۳	ایران خودرو	خودرو	khodro
۱۴	گروه مدیریت سرمایه گذاری امید	وامید	vomid
۱۵	سرمایه گذاری غدیر (هلدینگ)	وغدیر	vghadir
۱۶	کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران	حکشتی	hkeshti
۱۷	خدمات انفورماتیک	رانفور	ranfor
۱۸	پتروشیمی خارک	شخارک	shkhark
۱۹	بانک انصار	وانصار	vansar
۲۰	پارس خودرو	خپارس	khpars
	شاخص قیمت		market

منبع: یافته های پژوهش

همبستگی‌های پویای میان سری‌های بازده با استفاده از نرم افزار R و کتابخانه rugarch و rmgarch محاسبه گردیده است. ابتدا، همبستگی میان هر یک از مؤسسات به صورت دو به دو و همبستگی میان مؤسسات و شاخص بازار برآورد شده که تعداد ۲۱۰ ( $C_N^2 + N, N=20$ ) سری بازده دوتایی وجود دارد. به منظور تخمین گارچ تک‌متغیره در مرحله اول تخمین DCC، ابتدا مانایی، خودهمبستگی و وجود اثر ARCH در سری‌های زمانی بررسی و نتایج در جدول زیر به اختصار بیان شده که مانا بودن سری‌های زمانی، وجود خودهمبستگی سریالی و ناهمسانی واریانس تأیید شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون دیکی فولر، Ljung-Box و LM

نماد	آماره ADF	Q(۵)	Q(۱۰)	F-statistic
فولاد	-۱۵/۴۷۲۴۹	۱۲۵/۲۱	۱۷۹/۱۳	۵۹/۵۳۶۴۶
prob	(۰.۰۰۰۰)	۰/۰۴۶	(۰.۰۰۰۰)	(۰.۰۰۰۰)
شاخص بازار	-۱۳/۹۳۴۴۰	۲۷۷/۱۹	۲۸۵/۷۵	۱۰۷/۲۱۰۴
Prob	(۰.۰۰۰۰)	۰/۰۳۶	(۰.۰۰۰۰)	(۰.۰۰۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهش

حال می‌توان الگوی گارچ تک‌متغیره را برای هر سری بازده تخمین زد. به‌عنوان نمونه الگوی GARCH(1,2) که با مقایسه مقدار AIC برای شرکت فولاد مبارکه اصفهان (فولاد) تخمین زده شده است، به صورت زیر است:

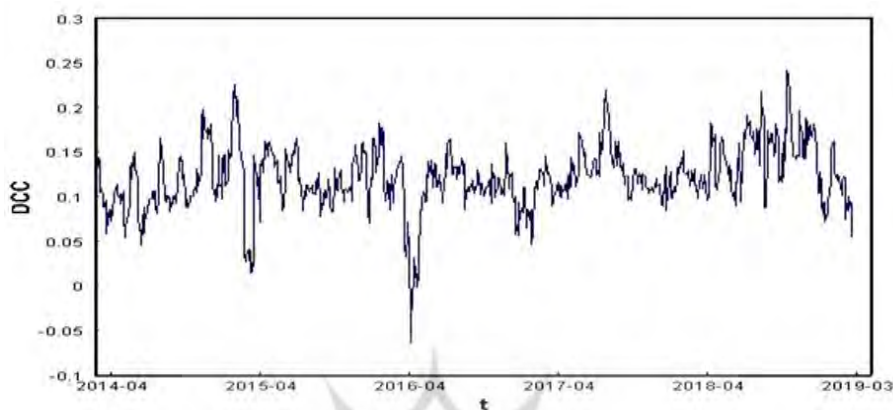
$$r_i^t = 0.106081922297 + 0.227420265332r_i^{t-1} + u_i^t$$

$$(\sigma_i^t)^2 = 0.212911423123 + 0.181774945863(u_i^{t-1})^2 + 0.0982184347061(\sigma_i^{t-1})^2 + 0.606857063372(\sigma_i^{t-2})^2$$

اکنون، عدم وجود اثر ARCH و همچنین عدم وجود خود همبستگی در باقیمانده‌های استاندارد مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به مقادیر  $F=۰/۵۵۶۳۵۱$  و  $prob=۰/۴۵۵۹$ ، نشان داده می‌شود که اثر ARCH وجود نداشته و سپس به بررسی خود همبستگی باقیمانده‌ها پرداخته و نتایج برای همه الگوها از عدم وجود خود همبستگی حکایت دارد.

خروجی‌های الگوی GARCH تک متغیره در واقع ورودی‌های الگوی DCC در GARCH چند متغیره است. نتایج تخمین الگوی DCC، نشان داده که مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  برای فولاد به ترتیب برابر با  $۰/۱۳۴۸۷۱$  و  $۰/۷۷۱۷۴$  است و همان‌گونه که مشخص است، مقدار  $\alpha+\beta$  محدودیت‌های موجود در الگوی DCC را داشته و مقدار کوچکتر از یک دارد. نمودار (۱) و جدول (۳)، همبستگی‌های شرطی پویا بین سری بازده‌های فولاد مبارکه اصفهان (فولاد) و صنایع پتروشیمی خلیج فارس (فارس) را در دوره موردنظر نشان می‌دهد.

نمودارها نیز نشان‌دهنده وجود همبستگی‌های پویا طی زمان هستند که تحت تأثیر عوامل مختلف بوده و لازم است پویایی آنها در الگو در نظر گرفته شود.



**نمودار ۱.** همبستگی شرطی پویا بین سری بازده‌های فولاد و فارس از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا انتهای سال ۱۳۹۷  
منبع: یافته‌های پژوهش

**جدول ۳.** آماره‌های توصیفی همبستگی شرطی پویا بین سری بازده‌های فولاد و فارس در بازه زمانی مورد نظر

نماد	میانگین	میانه	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
فولاد و فارس	۰/۱۲۱۱۷۳	۰/۱۱۸۸۶۳	۰/۲۴۱۶۵۷	-۰/۰۶۴۱۲۲	۰/۰۳۵۵۳۹	-۰/۳۷۴۸۰۹	۵/۵۸۵۲۸۸

منبع: یافته‌های پژوهش

مجدداً مانایی و خودهمبستگی سری‌های همبستگی بررسی و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

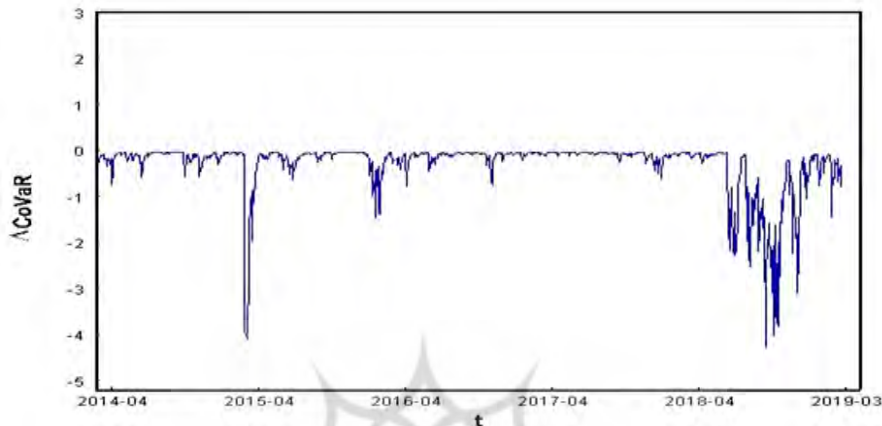
**جدول ۴.** نتایج آزمون مانایی و خودهمبستگی سری همبستگی شرطی بین فولاد و فارس در بازه زمانی مورد نظر

نماد	آماره ADF Prob	Q(۵) Prob	Q(۱۰) Prob
فولاد و فارس	-۷/۱۹۲۹۴۳ (۰.۰۰۰۰)	۳۷۴۴/۲ (۰.۰۰۰۰)	۵۳۵۹/۱ (۰.۰۰۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهش

هم اکنون با تخمین ماتریس واریانس و کواریانس الگوی DCC با به‌کارگیری رابطه (۱۴)، می‌توان ریسک سیستمی و معیار ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی را با در نظر گرفتن سطح بحران به میزان

پنج درصد، اندازه‌گیری نمود. نمودار زیر تغییرات  $\Delta\text{CoVaR}$  را برای فولاد مبارکه اصفهان در طی زمان نشان می‌دهد.



نمودار ۲.  $\Delta\text{CoVaR}$  فولاد از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا انتهای سال ۱۳۹۷

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که مشخص است این شاخص در تاریخ‌های ۱۳۹۴/۰۱/۰۵ و ۱۳۹۷/۰۶/۲۴ به ترتیب برابر  $-۴/۲۹$  و  $-۴/۰۸۶$  است که کمترین میزان در بازه مورد بررسی و اصطلاحاً نقاط مینیمم محلی هستند. همچنین، دارای میانه و میانگین به ترتیب  $-۰/۰۹۶۶$  و  $-۰/۳۰۱۱$  هستند. با بررسی مانایی و خودهمبستگی ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی مؤسسات نشان داده شد که سهم‌های ریسک سیستمی تمایل دارند سهم‌های ریسک سیستمی را دنبال کرده و در واقع سهم‌های ریسک سیستمی بزرگ، سهم‌های ریسک سیستمی بزرگتر را دنبال می‌کنند. نتایج آزمون‌ها برای نماد فولاد به شرح جدول ۵ است.

جدول ۵. آزمون مانایی و خودهمبستگی سری  $\text{CoVaR}$

نماد	آماره ADF Prob	$Q(5)$ Prob	$Q(10)$ Prob
فولاد	$-۶/۷۵۸۲۶۴$ (۰.۰۰۰۰۰)	$۳۷۴۵/۳$ (۰.۰۰۰۰۰)	$۶۰۹۵/۲$ (۰.۰۰۰۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهش

حال، میانگین حساسی ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی ( $\Delta\text{CoVaR}$ ) محاسبه شده که با این معیار به رتبه‌بندی مؤسسات از لحاظ میزان ریسک سیستمی به شرح جدول زیر پرداخته شده است.

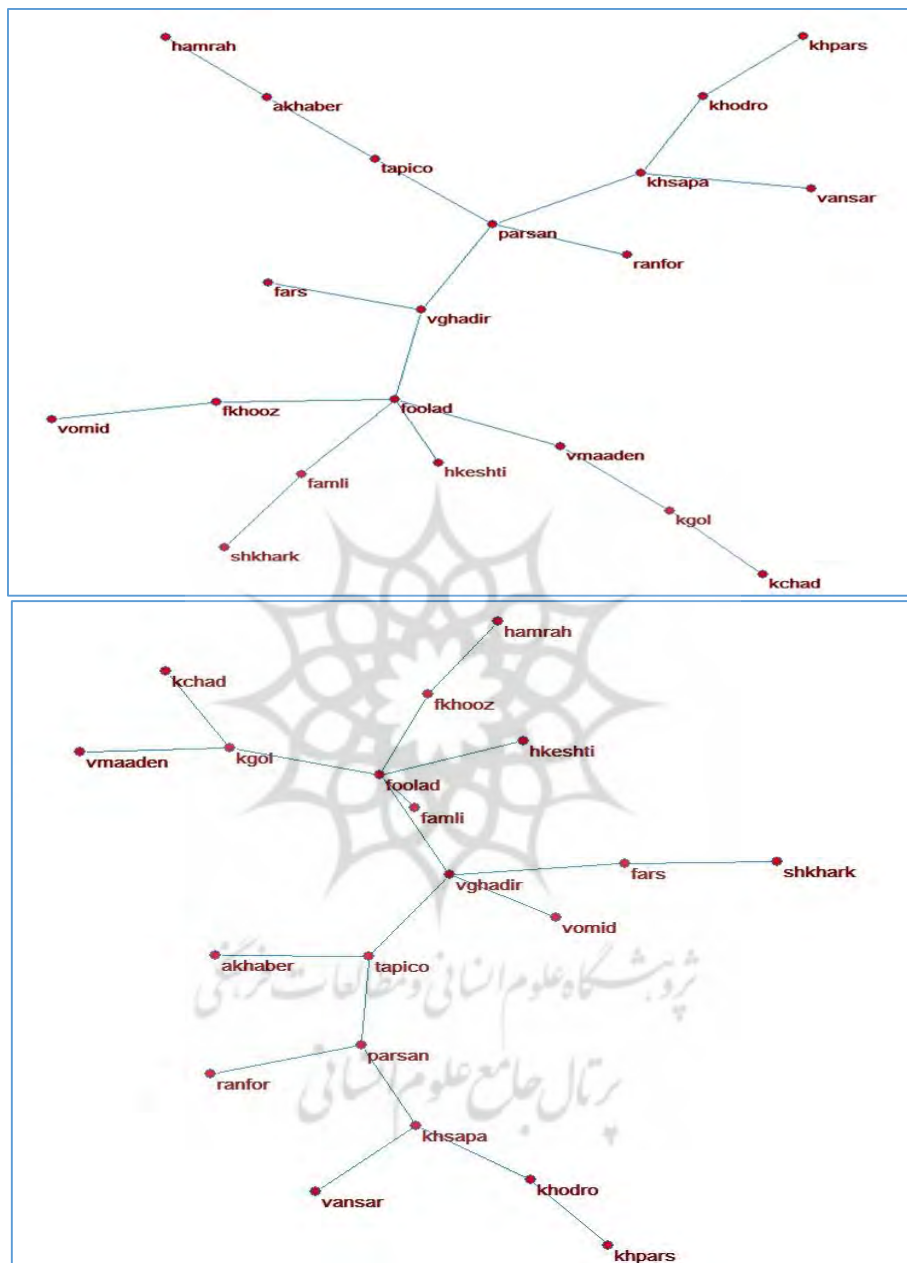
جدول ۶. رتبه بندی مؤسسات بر اساس  $\Delta\text{CoVaR}$

نماد	$\Delta\text{CoVaR}$
تاپیکو	-۰/۳۲۴۸۳۰۳۳
فولاد	-۰/۳۰۱۰۸۲۱۷۵
پارسان	-۰/۲۷۷۶۹۴۶۳۳
خسپا	-۰/۲۵۶۱۶۷۲۳
خیارس	-۰/۲۴۵۴۳۸۹۵۹
خودرو	-۰/۲۳۴۵۲۲۰۴۲
ومعادن	-۰/۲۲۲۹۷۳۲۵۴
وغدیر	-۰/۲۳۱۲۸۶۲۴۲
فملی	-۰/۱۸۱۲۸۳۶۰۱
کگل	-۰/۱۴۱۹۵۱۹۰۱
شخارک	-۰/۱۰۰۵۹۲۸۳
فارس	-۰/۰۹۶۴۱۰۳۴۲
فخوز	-۰/۰۹۴۷۸۸۵۴۵
کچاد	-۰/۰۸۱۱۲۰۲۹
همراه	-۰/۰۶۹۳۱۹۲۵۸
حکشتی	-۰/۰۶۲۷۳۴۶۲۵
وانصار	-۰/۰۳۵۱۴۲۶۳۸
رانفور	-۰/۰۱۰۲۸۵۹۴۴
اخابر	-۰/۰۰۹۱۳۳۸۸۶
وامید	-۰/۰۰۲۶۳۹۸۷۶

منبع: یافته های پژوهش

پنج شرکت با بیشترین میزان ریسک سیستمی عبارتند از س. نفت و گاز و پتروشیمی تأمین، فولاد مبارکه اصفهان، گسترش نفت و گاز پارسیان، ساپیا و پارس خودرو، که شرکت های بزرگ (به لحاظ ارزش بازاری) هستند. پنج شرکت با کمترین میزان ریسک سیستمی نیز عبارتند از گروه مدیریت سرمایه گذاری امید، مخابرات ایران، خدمات نفورماتیک، بانک انصار و کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران. معیار  $\Delta\text{CoVaR}$  برای نماد تاپیکو بین بازه (۰/۰۳۶۲۴) - (۷/۱۹۳۹۹) نوسان دارد و میانگینی برابر با ۰/۳۲۴۸۳۰۳۳ دارد و دارای کمترین میزان میانگین ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی است، که بنا بر تعریف دارای بیشترین میزان ریسک سیستمی بین سایر شرکت ها است. در نمودار  $\Delta\text{CoVaR}$  برای این شرکت، سه نقطه مینیمم محلی در تاریخ های ۱۳۹۳/۱۰/۰۳، ۱۳۹۴/۱۱/۲۴ و ۱۳۹۷/۱۲/۲۸ وجود دارد که مقدار  $\Delta\text{CoVaR}$  در این نقاط به ترتیب برابر با ۷/۲-، ۱/۰۹- و ۴/۴- است که این نقاط مربوط به زمان هایی است که شرکت بیشترین میزان ریسک سیستمی را در بازه زمانی مورد نظر دارد و در طول زمان این نقاط در حال افزایش یا کاهش هستند.  $\Delta\text{CoVaR}$  بیان کننده میزان تأثیرپذیری معیار ارزش در معرض خطر سیستم مالی (حداکثر زیان سیستم مالی)، در زمانی که شرکتی از شرایط عادی وارد شرایط بحرانی (یعنی از سطح VaR پنجاه درصد وارد سطح پنج درصد) می شود، است.

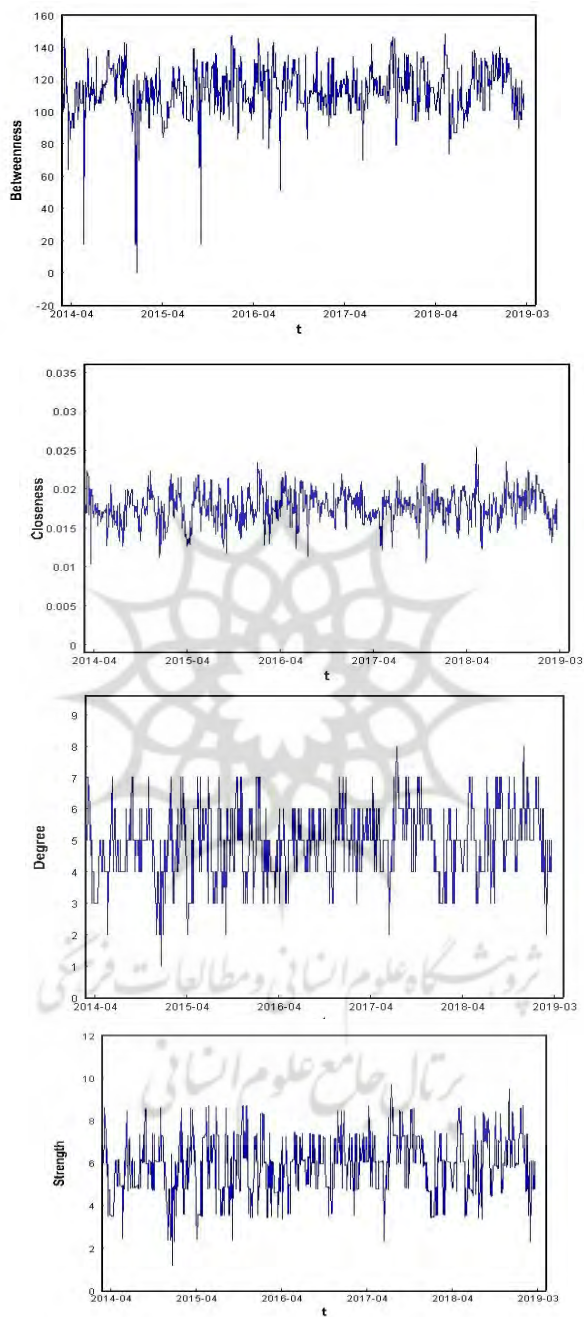
در این بخش، به کمک DCC تخمین زده در مرحله قبل، درخت مینیمم پوشا برای هر روز و مؤسسه های ایجاد و گراف مورد نظر برای آنها رسم شده است. سپس، به محاسبه ویژگی های ساختار و رفتار شبکه مالی  $G_t(V, E_t)$  پرداخته شده است. درخت پوشا، درختی است که دور و جهت نداشته و همه رئوس این گراف را دربر داشته باشد، اما فقط برخی از یال های آن را دربر بگیرد. در واقع، گراف همبندی است که دور ندارد. حال کوچکترین درخت پوشاننده (برای گراف همبند وزن دار) درختی بین درخت های پوشای آن گراف است که مجموع وزن یال های آن، مقدار کمترین بین سایرین را داشته باشد. در ادامه، برای نمونه گراف اولین و آخرین روز در دوره مورد بررسی و همچنین نمودار نوسانات شاخص های مرکزیت ارائه شده است.



شکل ۱. درخت مینیمم پوشا به ترتیب در تاریخهای ۱۳۹۳/۰۱/۰۳ و ۱۳۹۷/۱۲/۲۸

منبع: یافته‌های پژوهش





شکل ۲. مرکزیت نزدیکی گره فولاد مبارکه اصفهان، مرکزین بینابینی، درجه گره و قدرت گره  
منبع: یافته های پژوهش

نتایج بررسی شبکه‌ها نشان داد شکل و ساختار شبکه در زمان‌های مختلف تغییر می‌یابد و بالطبع، خصوصیات هر گره در یک روز با روز دیگر متفاوت است. برای مثال، در روز اول سه شرکت فولاد، پارسان، خساپا و وغدیر (مشترکا) بالاترین درجه را دارند که درجه آنها به ترتیب برابر با ۵، ۴، ۳ و ۳ است. اما، در آخرین روز بازه مورد بررسی، دو شرکت فولاد و وغدیر بالاترین درجه را دارند که برابر با ۵ و ۴ است. همچنین، با طی زمان و تغییر جایگاه شرکت‌ها و میزان به هم پیوستگی و ارتباط آنان در شبکه مالی، سایر خصوصیات آنها نیز در شبکه دستخوش تغییر خواهد شد.

اکنون، ارتباط میان ارزش در معرض خطر شرطی و ساختار توپولوژی شبکه را با استفاده از داده‌های پانل می‌توان بررسی نمود. با توجه به این که نتایج مطالعات گذشته نشان داده سائز (اندازه) شرکت، نرخ اهرم و نرخ بازده دارایی‌ها از عوامل مهم و اثرگذار بر میزان ریسک سیستمی مؤسسات هستند، در پژوهش حاضر نیز از این متغیرها به عنوان متغیرهای مستقل در الگو استفاده شده است. لذا، نخست، آزمون مانایی متغیرهای مستقل بررسی شده که نتایج به شرح جدول ۷ از مانایی کلیه متغیرها حکایت دارد.

جدول ۷. نتایج آزمون مانایی

متغیر	آماره ADF Prob
S	۱۳۹۲٫۸۴ (۰٫۰۰۰۰۰)
D	۱۱۷۱٫۸۵ (۰٫۰۰۰۰۰)
B	۱۴۲۱٫۷۷ (۰٫۰۰۰۰۰)
C	۱۴۴۸٫۹۰ (۰٫۰۰۰۰۰)
lnAsset	۲۳۳٫۴۲۷ (۰٫۰۰۰۰۰)
Leverage	۷۳٫۹۹۸۳ (۰٫۰۰۰۰۹)
ROA	۹۰۰٫۸۱۵ (۰٫۰۰۰۰۰)

منبع: یافته‌های پژوهش

برای بررسی پانل یا تجمیعی (pooled) بودن داده‌ها، از آزمون اف لیمر (آزمون چاو (limier-chow)) استفاده شده است که فرضیه  $H_0$  آن یکسان بودن عرض از مبداها و فرضیه  $H_1$  آن ناهمسانی عرض از مبداها است. نتایج با مقادیر Cross-section  $F=162.11$  و مقدار P-value=0.0000 نشان داد استفاده از الگوی رگرسیون ترکیب شده مورد تأیید است. حال می‌توان الگوی زیر را در نظر گرفت:

$$\Delta \text{CoVaR}_{S|i}^t = \alpha + X_i^t \beta + u_i^t \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

که در آن  $\alpha$ : عرض از مبدا،  $i=1,2,\dots,N$ ،  $t=1,2,\dots,T$ ،  $\beta$ : بردار ضرایب  $k \times 1$  (k تعداد متغیرها،  $k=8$ )، بردار باقیمانده  $T \times 1$  و ماتریس متغیرهای مستقل  $T \times K$  است. به گونه ای که:

$$X_i^t = (S_i^t, B_i^t, C_i^t, Assets_i^t, leverag_i^t, ROA_i^t)' \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

سپس، به بررسی اثرات ثابت و تصادفی با استفاده از آزمون هاسمن پرداخته شده که در آن، فرضیه  $H_0$  بیان دال بر عدم وجود اثرات ثابت و عرض از مبدا ثابت است و الگوی اثرات تصادفی باید به صورت زیر دنبال شود:

$$\Delta \text{CoVaR}_{S|i}^t = \alpha + X_i^t \beta + v^t + u_i^t \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

که بخش تصادفی الگو و نشان دهنده اثر تصادفی فردی است. مقدار Cross-section random=33.835525 و P-value=0.0000 نشان می دهد که الگوی اثرات ثابت ترجیح داده می شود. اکنون الگوی داده های پانل با اثرات ثابت برآورد و نتایج مورد بررسی قرار گرفته اند.

جدول ۷. نتایج تخمین مدل

متغیر	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0/230358	0/031115	-7/403480	0/0000
BETWEENNES	-1/60E-05	2/31E-05	-0/690864	0/4897
CLOSENESS	-1/314378	0/237698	-5/529616	0/0000
LEVERAGE	0/000483	0/001976	0/244457	0/8069
LNASSET	0/319997	0/102250	3/129567	0/0018
ROA	-0/013469	0/005909	-2/279464	0/0226
STRENGTH	0/000993	0/000461	2/155866	0/0311

منبع: یافته های پژوهش

نتایج آزمون نشان می دهد که ویژگی مرکزیت نزدیکی گره و همچنین قدرت گره و درجه گره در داده های مورد بررسی بر ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی در سطح ۵ درصد معنادار هستند. بنابراین، خصوصیات ساختار توپولوژی محلی شرکت ها در شبکه مالی مربوط بر ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی و همچنین بر میزان ریسک سیستمی مؤسسات تأثیرگذار است. به طوری که به هر میزان مرکزیت نزدیکی برای هر مؤسسه ای بیشتر (کمتر) خواهد بود، ارزش در معرض خطر شرطی برای آن مؤسسه کمتر (بیشتر) و در نتیجه میزان ریسک سیستمی بیشتر (کمتر) می شود. از طرف دیگر، مؤسسات با خاصیت قدرت و درجه گره کمتر (بیشتر)، دارای ارزش در معرض خطر شرطی بیشتر (کمتر) و در نتیجه دربردارنده میزان ریسک سیستمی کمتر (بیشتر) هستند.

## بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی ارتباط بین میزان ریسک سیستمی مؤسسات در بازار بورس اوراق بهادار تهران و ساختار توپولوژی محلی در شبکه مالی پرداخته است. با بررسی مقادیر پارامترهای الگوی گارچ چندمتغیره، می‌توان نتیجه گرفت همبستگی میان سهام‌های مورد مطالعه در بورس اوراق بهادار با یکدیگر در شبکه مالی دارای نوسان بوده و در طی زمان تغییر می‌کنند. بنابراین، تخمین الگوی همبستگی ثابت برای این داده‌ها مناسب نبود و از الگوی همبستگی شرطی پویا جهت ایجاد ماتریس واریانس\_کوواریانس استفاده شد. با محاسبه میانگین ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی برای مؤسسات مورد مطالعه، مشاهده شد که شرکت‌های س. نفت و گاز و پتروشیمی تأمین (تاپیکو) و گروه مدیریت سرمایه‌گذاری امید (وامید) به ترتیب بیشترین و کمترین قدر مطلق ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی را در بین سایر شرکت‌های مورد مطالعه دارند و به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ریسک سیستمی را دارند. لذا، این مؤسسات در بازه مورد بررسی به ترتیب بیشترین و کمترین نیاز به سرمایه‌گیری جهت مقابله با کمبود سرمایه در زمان وقوع بحران دارند. همچنین، نتایج حاصل از الگو بیانگر این بود که ساختار توپولوژی محلی مؤسسات مالی در شبکه پیچیده مالی بر ریسک سیستمی مؤسسات اثرگذار است. به طوری که وجود ارتباط معنادار میان میزان ریسک سیستمی مؤسسات و مرکزیت نزدیکی مؤسسه مربوط در شبکه مالی، تأیید شد. اثر مستقیم مرکزیت نزدیکی مؤسسات در شبکه مالی با میزان از ریسک سیستمی، همانند نتایج پژوهش‌های قبلی، مورد تأیید واقع شد. همچنین بین قدرت و درجه گره در شبکه مالی مربوطه و میزان ریسک سیستمی ارتباط معناداری وجود دارد. اما این ارتباط با اثری که در پژوهش‌های پیشین مورد انتظار بود، یکسان نیست و در واقع قدرت و درجه گره بر میزان ریسک سیستمی اثر معکوس دارند. در صورتی که این اثر در برخی پژوهش‌ها مستقیم ارزیابی شده است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران و قانون‌گذاران باید توجه ویژه‌ای به متغیرهای الگوی مورد بررسی داشته باشند. همچنین، مؤسسات فعال در بورس اوراق بهادار تهران به بخش‌های مجزا مانند شبکه بانکی، بیمه، سرمایه‌گذاری و ... دسته‌بندی و میزان ارتباط میزان ریسک سیستمی هر بخش با ساختار توپولوژی محلی در شبکه مالی محاسبه شود تا بخش‌هایی که میزان ریسک سیستمی آنها بیشتر تحت تأثیر ساختار توپولوژی محلی‌شان قرار دارند، شناسایی شوند. مضافاً، توجه به نحوه ارتباط و تأثیرگذاری مؤسسات و نهادهای مالی و شناسایی شرکت‌های با میزان ریسک سیستمی بیشتر توسط قانون‌گذاران می‌تواند به کاهش ریسک کل اقتصاد ناشی از بحران در بخش‌ها، شرکت‌ها و نهادهای مختلف کمک شایان توجهی نماید.

شایان ذکر است که انجام این پژوهش با محدودیت در دسترس نبودن اطلاعات مؤسسات و شرکت‌های غیرفعال در بورس مواجه بود. لذا از اطلاعات مؤسسات مالی فعال در بورس تهران استفاده شد. همچنین، برخی از مؤسسات در دوره مورد بررسی فعال نبودند و بسته یا متوقف بودند.

## ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده است.

## منابع

- مرادمند جلالی، میلاد و حسنلو، خدیجه. (۱۳۹۵). ارزیابی سهم بانک‌ها، بیمه و شرکت‌های سرمایه‌گذاری در ریسک سیستمیک. *مطالعات مالی و بانکداری اسلامی*، ۲(۴)، ۶۷-۹۲.
- احمدی، زانیار و فراهانیان، سید محمدجواد. (۱۳۹۳). اندازه‌گیری ریسک فراگیر با رویکرد CoVaR و MES در بورس اوراق بهادار تهران. *بورس اوراق بهادار تهران*، ۷(۲۶)، ۳-۲۲.
- باباجانی، جعفر، بولو، قاسم و غزالی، امین. (۱۳۹۷). ارائه چارچوبی جهت سنجش و پیش‌بینی ریسک سیستمی با رویکرد ریزش مورد انتظار نهایی (MES) در بازار سرمایه ایران. *راهبرد مدیریت مالی*، ۶(۲۲)، ۱-۲۹.
- حکمتی فرید، صمد، رضازاده، علی و مالک، علی. (۱۳۹۷). برآورد ریسک سیستمی در بخش‌های مالی اقتصاد ایران (رهیافت ارزش در معرض ریسک شرطی تفاضلی). *مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۲(۳)، ۹۹-۱۲۲.
- رادفر، محمدرضا، کریمخانی، مسعود و علیقلی، منصوره. (۱۳۹۹). بررسی رابطه اندازه بانک و سرمایه با ریسک سیستمی در بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار. *راهبرد مدیریت مالی*، ۷(۲۸)، ۱۰۷-۱۲۶.
- نظری، نگار. (۱۳۹۰). تحلیل خوشه‌ای شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از درخت حداقل پیما و درخت زنجیره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا.
- نورعلیدخت، سمیرا. (۱۳۹۵). مقاومت به سرایت نکول در شبکه‌های مالی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ریاضیات و کامپیوتر، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان
- Acemoglu, D., Ozdaglar, A. & Tahbaz-Salehi, A. (2015). Systemic risk and stability in financial networks. *American Economic Review*, 105(2), 564-608.
- Adrian, T. & Shin, H. S. (2008). Liquidity, monetary policy, and financial cycles. *Economics and Finance*, 14(1), 1-7.
- Adrian, T. & Brunnermeier, M. K. (2016). CoVaR. *The American Economic Review*, 106(7), 1705-1741.
- Acharya, V. V., Pedersen, L. H., Philippon, T. & Richardson, M. (2017). Measuring systemic risk. *The Review of Financial Studies*, 30(1), 2-47.
- Ahmadi, A., Farahanian, S. M. J. (2014). Systemic risk measuring in Tehran Stock Exchange with CoVaR and MES approaches. *Journal of Securities Exchange*, 7(26), 3-22. (In Persian)
- Babajani, J., Bolo, G. & Ghazali, A. (2018). A framework for measuring and predicting systemic risk with the marginal expected shortfall approach (MES) in Iran capital market. *Journal of Financial Management Strategy*, 6(22), 1-29. (In Persian)
- Bernal, O., Gnabo, J. Y. & Guilmin, G. (2014). Assessing the contribution of banks, insurance and other financial services to systemic risk. *Journal of Banking & Finance*, 47(C), 270-287.
- Boginski, V., Butenko, S. & Pardalos, P. M. (2006). Mining market data: a network approach. *Computers & Operations Research*, 33(11), 3171-3184.
- Bollerslev, T. (1986). Glossary to arch (garch). In in volatility and time series econometrics essays in honor of Robert Engle. MarkWatson, Tim Bollerslev and Jerrey.
- Campbell, R., Huisman, R. & Koedijk, K. (2001). Optimal portfolio selection in a Value-at-Risk framework. *Journal of Banking & Finance*, 25(9), 1789-1804.

Derbali, A. & Hallara, S. (2016). Systemic risk of European financial institutions: Estimation and ranking by the Marginal Expected Shortfall. *Research in International Business and Finance*, 37, 113-134.

Engle, R. F. & Sheppard, K. (2001). Theoretical and empirical properties of dynamic conditional correlation multivariate GARCH. *No 8554, NBER Working Papers from National Bureau of Economic Research, Inc.*

Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.

Girardi, G. & Ergün, A. T. (2013). Systemic risk measurement: Multivariate GARCH estimation of CoVaR. *Journal of Banking & Finance*, 37(8), 3169-3180.

Gower, J. C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27(4), 857-871.

Hekmati Farid, S., Rezazadeh, A. & Malek, A. (2019). The estimation of systematic risk in Iranian financial sectors ( $\Delta$ CoVaR Approach). *Economic Modeling*, 12(43), 9-122. (In Persian)

Huang, W. Q., Zhuang, X. T., Yao, S. & Uryasev, S. (2016). A financial network perspective of financial institutions' systemic risk contributions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 456(C), 183-196.

Krause, A. & Giansante, S. (2012). Interbank lending and the spread of bank failures: A network model of systemic risk. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 83(3), 583-608.

Long, H., Zhang, J. & Tang, N. (2017). Does network topology influence systemic risk contribution? A perspective from the industry indices in Chinese stock market. *PloS one*, 12(7), e0180382.

López-Espinosa, G., Moreno, A., Rubia, A. & Valderrama, L. (2012). Short-term wholesale funding and systemic risk: A global CoVaR approach. *Journal of Banking & Finance*, 36(12), 3150-3162.

Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 11(1), 193-197.

Moradmand Jalali, M. & Hasanlou, K. (2017). The assessment of share of banks, insurance and investment companies in systemic risk. *Quarterly Journal of Islamic Finance and Banking Studies*, 2(4), 67-92. (In Persian)

Namaki, A., Raei, R., Asadi, N. & Hajihassani, A. (2019). Analysis of Iran banking sector by multi-layer approach. *Iranian Journal of Finance*, 3(1), 73-89.

Nazari, N. (2011). Analysis of clusters of companies listed on the Tehran Stock Exchange using the minimum Pima tree and the chain tree. Master Thesis in Financial Management, Faculty of Social Sciences and Economics, Al-Zahra University. (In Persian)

Noor Alidokht, S. (2016). Resistance to default in financial networks. Master Thesis, Faculty of Mathematics and Computer, Zanjan University of Graduate Studies. (In Persian)

Onnela, J. P., Kaski, K. & Kertész, J. (2004). Clustering and information in correlation based financial networks. *The European Physical Journal B*, 38(2), 353-362.

Radfar, M. R., Karimkhani, M. & Aligholi, M. (2020). Survey the relationship between bank size and capital with systemic risk in banks accepted in the stock exchange. *Journal of Financial Management Strategy*, 8(28), 163-176. (In Persian)

Raei, R., Namaki, A. & Vahabi, H. (2019). Analysis of collective behavior of Iran banking sector by random matrix theory. *Iranian Journal of Finance*, 3(4), 60-75.

Situngkir, H. & Surya, Y. (2005). On stock market dynamics through ultrametricity of minimum spanning tree. *Macroeconomics 0505010*, University Library of Munich, Germany.

Tarashev, N. A., Borio, C. E. & Tsatsaronis, K. (2009). The systemic importance of financial institutions. *BIS Quarterly Review*, 75-87.

#### COPYRIGHTS



©2022 Alzahra University, Tehran, Iran. This license allows others to download the works and share them with others as long as they credit them, but they can't change them in any way or use them commercially.

