الگوسازی ریسک سهام شرکت‌های بزرگ بازار بورس اوراق بهادار تهران؛ رویکرد تلاطم تصادفی چندمتغیره عاملی

رضا طالبلو | عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبائی

*پریسا مهاجری | عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبائی

مرتضی یگانه | دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد علامه طباطبائی

چکیده

تجزیه و تحلیل تلاطم به‌عنوان ابزاری مدرن و کارآمد، در برآورد، مدیریت و پوشش ریســـک، ارزش‌گذاری و انتخاب سبد بهینه محسوب می‌شود و به تصمیم‌گیری مالی آگاهانه سرمایه‌گذاران کمک می‌نماید. هدف پژوهش حاضر، ارائه مدلی برای تجزیه‌وتحلیل ریسک سهام ۳۰ شرکت بزرگ در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل تلاطم تصادفی چند عاملی (MFSVM) در چارچوب رویکرد فضا-حالت غیرخطی است. در این چارچوب، تلاطم بازده سهام به دو جزء «تلاطم منبعث از عوامل پنهان» و «تلاطم خاص هر سهم» تفکیک شده و ماتریس همبستگی و کوواریانس پویای تلاطم بازده سهام برآورد می‌شود. در این راستا از داده‌های هفتگی بازده سهام شرکتها طی دوره زمانی ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ تا ۱۴۰۲/۰۷/۱۵ استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که اولاً سه عامل پنهان بر تلاطم بازده سهام‌ها اثرگذارند. عامل نخست عمدتاً سهام مربوط به شرکت‌های فعال در صنعت فراورده‌های نفتی(شبندر، شبهرن، شپنا)، محصولات شیمیایی (تاپیکو، فارس، شخارک، شپدیس، پارسان)، فلزات اساسی (فولاد، فملی، فخوز)، معدن(کچاد، کگل) و صندوق‌های سرمایه گذاری (وصندوق، وغدیر، وبانک) را تحت تأثیر قرار داده است. عامل دوم بیشترین تأثیر را بر بانک‌ها (وتجارت، وبصادر، ونوین، وبملت، وپارس) داشته است. عامل سوم نیز تا حدودی بر سهام بانک‌ها اثرگذار بوده است. ثانیاً قوی‌ترین همبستگی زوجی پسینی، بین شرکت وغدیر با شرکت‌های تاپیکو، پارسان و فولاد به ترتیب با ۷۴٪، ۷۳٪ و ۷۱٪ و فولاد با شرکت‌های پارسان، تاپیکو (هر یک ۶۹٪) و سپس با فملی و ومعادن (هر یک ۶۶ ٪) می‌باشد و ضعیف‌ترین همبستگی زوجی نیز به شرکت‌های وغدیر-وپاسار (۱۰-٪) اختصاص دارد. ثالثاً نماد وپاسار (بانک پاسارگاد) و وغدیر (شرکت سرمایه‌گذاری غدیر) به ترتیب کمترین و بیشترین همبستگی را با شبکه سهام تجربه می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: ریسک منحصر به فرد، عوامل پنهان، مدل تلاطم تصادفی چندمتغیره عاملی، همبستگی پویا، بازار سهام.

* نویسنده مسئول

Risk Modeling of Stocks of Large Companies in the Tehran Stock Exchange; A Multivariate Factor Stochastic Volatility Approach

Abstract

Volatility analysis is considered as a modern and efficient tool in estimating, managing and hedging risk, valuing and selecting the optimal portfolio and helps investors make informed financial decisions. The aim of the current research is to present a model for the risk analysis of 30 large companies in the Tehran Stock Exchange using the multivariate factor stochastic volatility model (MFSVM) in the framework of the non-linear state-space approach. In this framework, the volatility of stock returns is divided into two components, "volatility arising from latent factors" and "idiosyncratic risks", and the dynamic correlation matrix of the volatility of stock returns is estimated. In this regard, the weekly data of companies' stock returns during the period of Jan. 10, 2018 to Oct. 7, 2023 have been used. The results of the research indicate that, first- three hidden factors affect the volatility of stock returns. The first factor has affected stocks related to companies active in the oil products industry, chemical products, basic metals, mining, and investment funds. The second factor has had the largest impact on banks. The third factor has also had an effect on bank stocks to some extent. Second- the strongest posterior pairwise correlation exists between “GDIR” and “PTAP”, “PASN”, and “FOLD”, with correlation coefficients of 74%, 73%, and 71%, respectively. Additionally, “FOLD” exhibits a 69% correlation with both “PASN” and “PTAP”, as well as correlations of 66% each with “MSMI” and “MADN”. The weakest correlation coefficient is between “GDIR” and “BPAS” (-10%). Third BPAS (Pasargad Bank) experiences the lowest correlation with the stock network, while GDIR (Ghadir Investment Company) exhibits the highest correlation.

Keywords: Idiosyncratic Risk, Latent Factors, Multivariate Factor Stochastic Volatility Model, Dynamic Correlation, Stock Market.

۱. مقدمه

ارتباط بازده (بازده دارایی‌های مالی) و پیش‌بینی تلاطم سابقه طولانی در ادبیات مدل‌سازی‌های سری‌های زمانی مالی و اقتصادی دارد که آغاز آن را می‌توان در تلاش مارکوویتز[1] (۱۹۵۲) برای لحاظ مفهوم واریانس به عنوان ابزار سنجش ریسک در زمینه قیمت‌گذاری و تشکیل سبد بهینه دارایی‌های مالی نسبت داد. بعد از وی افرادی همچون شارپه[2] (۱۹۶۴) و لینتر[3] (۱۹۶۹) به تکمیل نظریه‌های قیمت‌گذاری پرداختند. بعد از آن، تلاطم (نوسانات) به عنوان ابزاری مهم در سنجش ریسک معرفی شد و پژوهشگران مختلفی با لحاظ تغییرات و واریانس قیمت دارایی‌ها در طول زمان و مدل‌سازی نوسانات در بازارهای مختلف مالی، به تحلیل ریسک و بازده دارایی‌ها پرداخته و از آن به عنوان ابزاری برای حداکثرسازی بازده و حداقل‌سازی ریسک استفاده نمودند.

با گسترش تحقیقات در زمینه مدل‌سازی واریانس در ارزیابی نوسانات دارایی‌های مالی، نظریه‌های نوین توسعه یافتند. منشأ این تحقیقات را می‌توان در کار انگل[4] (۱۹۸۲) و بُلرسلو[5] (۱۹۸۶) به‌ترتیب در ارائه مدل آرچ[6] و گارچ[7] جست‌وجو نمود. مشخصه اصلی این مدل‌ها، واریانس ناهمسانی شرطی[8] می‌باشد. در این مدل‌های فرض می‌شود که نوسانات بازده یک دارایی تابعی از بازده‌ها و واریانس‌های گذشته آن است. این مدل‌ها می‌توانند خوشه‌بندی نوسانات را به خوبی به‌تصویر بکشند، اما نمی‌توانند وابستگی متقابل نوسانات بین چندین دارایی را به خوبی تبیین نمایند.

در سال ۱۹۸۲ تیلور[9]، مدل تلاطم تصادفی تک متغیره[10] را بر مبنای تصادفی بودن رفتار نوسانات با استفاده از مدل‌های فضا حالت غیرخطی[11] ارائه کرد که نسبت به مدل‌های رقیب در شناسایی عوامل مشترک پنهان اثرگذار در سری‌های زمانی، قوی‌تر و در الگوسازی ساختار واریانس-کوواریانس پویا، منعطف تر می‌باشد.

---

1. Markowitz
2. Sharpe
3. Lintner
4. Engle
5. Bollerslev
6. autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH)
7. generalized autoregressive conditional heteroskedasticity (GARCH)
8. conditional heteroskedasticity
9 Taylor
10. univariate stochastic volatility (SV)
11. nonlinear state-space model

تقریبا پس از گذشت یک دهه از انتشار این مقاله و عدم استفاده از روش آنها به علت محدودیت‌های محاسباتی (باس[1]، ۲۰۱۱) در سال ۱۹۹۴ هاروی و همکاران[2] اولین مدل تلاطم تصادفی چند متغیره را ارائه نمودند.

اهمیت مدل‌های تلاطم تصادفی چند متغیره را می‌توان هم از منظر اقتصادی و هم ازمنظر اقتصاد سنجی بیان نمود. با توجه به اهمیت همبستگی ساختاری بین دارایی‌های مالی، این مدل‌ها در جنبه‌های مختلف حوزه مالی مانند مدیریت ریسک سبد بهینه و تخصیص دارایی، کاربرد گسترده‌ای دارند و در تصمیم‌گیری‌های مالی مفید هستند. علاوه بر این، از آنجایی‌که هم‌حرکتی نوسانات در دارایی‌ها و بازارهای مختلف وجود دارد، مدل‌سازی نوسانات در چارچوب نوسانات تصادفی چند متغیره و بررسی سرایت تلاطم می‌تواند به کارایی آماری بیشتر منجر شود (آسای و همکاران[3]، ۲۰۰۶). در سال‌های اخیر با تلاش افرادی چون کاستنر[4] (۲۰۱۶)، کاستنر و همکاران (۲۰۱۷) و حسیجنی و کاستنر (۲۰۱۹)[5] به کارگیری مدل‌های تلاطم تصادفی چند متغیره، محور مدل‌سازی طیفی از موضوعات اقتصاد مالی قرار گرفت.

اما تحقیقات انجام گرفته در داخل کشور در خصوص مدل‌سازی نوسانات در بازارهای مالی عمدتاً با استفاده از مدلهای گارچ تک متغیره یا چندمتغیره صورت گرفته و به استثنای چند مقاله منتشر شده در سال‌های اخیر، استفاده از انواع الگوهای تلاطم تصادفی (تک متغیره و چند متغیره) مدنظر قرار نگرفته است. مقالاتی که اخیراً از روش‌های تلاطم تصادفی استفاده نموده‌اند بر همبستگی تلاطمات بازار دارایی‌ها و شاخص‌های منتخب در بازار سهام متمرکز بوده‌اند و در هیچ‌یک از مقالات، نوسانات تصادفی در سطح خرد (شرکت‌ها) مورد توجه نبوده است. با عنایت به این موضوع، هدف اصلی این مطالعه، پر کردن این خلاء پژوهشی در ادبیات داخلی و تمرکز بر الگوسازی نوسانات تصادفی در۳۰ سهم بزرگ بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد مدل‌سازی نوسانات تصادفی چند متغیره طی دوره ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ تا ۱۴۰۲/۰۷/۱۵ است. این مطالعه بر شناسایی و ارزیابی ریسک‌های بالقوه مرتبط با تعاملات پویای بازار سهام بین متغیرهای متعدد و نوسانات آنها در طول

1. Bos
2. Harvey et al
3. Asai et al.
4. Kastner
5. Hosszejni & Kastner

زمان تمرکز دارد. در این راستا، با تفکیک تلاطم به دو جزء «تلاطم منبعث از عامل یا عوامل پنهان» و «تلاطم خاص بازده هر یک از سهام شرکت‌ها» تلاش می‌شود تا به دو پرسش مهم پاسخ داده‌شود. اولاً سهم عوامل پنهان و خاص از نوسانات بازده هریک از سهام شرکت‌های بزرگ بورسی چقدر است؟ ثانیاً همبستگی‌های تلاطم بازده سهام شرکت‌ها در طول زمان چگونه تغییر یافته است؟ انتظار می‌رود یافته‌های این مطالعه به ادبیات موجود در مورد مدل‌های نوسان تصادفی چند متغیره، سرایت تلاطم بین شرکتی و بین بخشی در بازار سهام که مقدمه‌ای برای مدیریت ریسک است، کمک کند.

در راستای واکاوی ابعاد مختلف موضوع، مطالب مقاله حاضر در ۵ بخش سازماندهی شده است. پس از مقدمه که بخش نخست از مقاله را تشکیل می‌دهد، پیشینه نظری و تجربی، در بخش دوم ارائه می‌شود. روش‌شناسی پژوهش با تمرکز بر انواع مدل‌های تلاطم تصادفی، محور سوم از مقاله حاضر خواهد بود. پس از آن در بخش چهارم، پایه‌های آماری و یافته‌های تجربی ارائه می‌شوند و در نهایت، بخش پنجم به جمع‌بندی از مهم‌ترین یافته‌ها و ارائه پیشنهادها اختصاص خواهد یافت.

۲. پیشینه نظری و تجربی

مشخصه اصلی هر دارایی مالی بازده آن دارایی است که متغیری تصادفی است. انحراف معیار بازده دارایی در ادبیات مالی، تلاطم نامیده می‌شود. تجزیه و تحلیل و تخمین یک الگوی مناسب از تلاطم دارایی‌ها یک ابزار قوی و پرکاربرد در اندازه‌گیری درجه عدم قطعیت یا ریسک مرتبط با حرکت قیمت دارایی‌های محسوب می‌شود و به سرمایه‌گذاران و معامله‌گران کمک می‌کند تا ریسک‌ها و بازده‌های بالقوه مرتبط با سبد سرمایه‌گذاری خود را برآورد کرده و معیاری در مدیریت ریسک به‌ویژه در ارزش‌گذاری اختیار معامله، انتخاب سبد بهینه و پوشش ریسک در اختیار داشته باشند و در تصمیم‌گیری مالی خود آگاهانه عمل نمایند.

مدل‌سازی تلاطمات در سه دسته کلی شامل مدل‌های «سری زمانی»، «مدل‌های اختیارات» و «مدل‌های مبتنی بر روش‌های ناپارامتریک» انجام می‌شود (طالبلو و مهاجری، ۱۴۰۰). مدل‌های سری زمانی نیز به نوبه خود به دو گروه «مدل‌های پیش‌بینی بر اساس انحراف معیار تاریخی» و «مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی» تقسیم‌بندی می‌شوند (پون و گرنجر ۲۰۰۳)[1].

1. Poon & Granger

نتایج مطالعات بلرسلو و همکاران (۱۹۹۴، ۱۹۸۶) شواهدی همچون «خوشه‌ای بودن نوسانات»، «هم‌حرکتی در نوسانات»، «همبستگی‌های سریالی بین اجزای اخلال» و «توزیع‌های غیرنرمال» را نشان می‌داد که با فرض توزیع یکسان و عدم همبستگی اجزای اخلال در مدل‌های نخستین سری زمانی چون گام تصادفی، میانگین مجذور بازده، میانگین متحرک ساده و میانگین وزنی نمایی در تضاد بودند. وجود همبستگ تلات و غیرنرمال‌بودن توزیع آن موجب پدید آمدن مدل‌های ناهمسان شرطی همچون آرچ (انگل ۱۹۸۲)، گارچ (بُلرسلو۱۹۸۶) و مدل‌های تلاطم تصادفی (تیلور۱۹۸۲) شد.

بر خلاف مدل‌های آرچ و گارچ که بر فرض تبعیت تغییرات واریانس از یک «تابع دقیق یا معین» استوارند، مدل‌های تلاطم تصادفی بر پایه تصادفی بودن واریانس مبتنی هستند. این مدل‌ها می‌توانند وابستگی متقابل نوسانات بین چندین دارایی را به طور همزمان تبیین نموده و با عبور از محدودیت‌های مدل‌های رقیب در ارزیابی ریسک و مدیریت سبد دارایی موفق‌تر عمل کنند. بررسی همزمان و شناسایی پویایی تلاطمات در تعداد دارایی بیشتر، بررسی اثرات سرریز دارایی‌های متعدد، شناسایی دقیق اثرات غیرخطی و عدم تقارن بین بازده و نوسانات (که در مدل‌سازی بحران‌های مالی و سقوط بازار مهم‌اند) و در نهایت شناسایی عوامل پنهان موثر بر ریسک در دارایی‌های متعدد از مزایای اصلی مدل تلاطم تصادفی محسوب می‌شوند.

در سال‌های اخیر مدل‌های تصادفی چند متغیره با لحاظ پارامترهای مختلف تکمیل شده‌است. مدل‌های توسعه یافته را می‌توان در چهار بخش کلی دسته‌بندی کرد: [۱] مدل‌های نامتقارن[۱] که به بررسی اثر اهرمی[۲] (عدم تقارن در پاسخ نوسان به شوک‌های مثبت و منفی) و اثرات آستانه‌ای[۳] می‌پردازد (هاروی و شپرد ۱۹۹۶[۴]؛ یو و میر ۲۰۰۴ [۵])، [۲] مدل‌های عاملی [۶] که به منظور کاهش ابعاد فضای پارامترها توسعه یافته‌اند (هاروی و همکاران ۱۹۹۴، شپرد[۷] ۱۹۹۶؛ جکویر و همکاران[۸] ۱۹۹۹)، [۳] مدل‌های همبستگی متغیر با

1. asymmetric models
2. leverage effect
3. threshold effect
4. Harvey & Shephard
5. Yu & Meyer
6. factor models
7. Shephard
8. Jacquier et al.

زمان[1] (یو و میر ۲۰۰۴) و [۴] مدل‌های متناوب MSV [2] که خود شامل مدل‌های مبتنی بر تبدیل نمایی ماتریس[3]، تجزیه چولسکی[4] و فرآیند اتورگرسیو ویشارت[5] می‌باشند (تسای و تسو [6] ۲۰۰۲،تیمز و ماهیو[7] ۲۰۰۳).

علاوه بر این، چندین مطالعه استفاده از مدل‌های نوسانات تصادفی چند متغیره با حافظه طولانی را بررسی کرده‌اند که به تداوم نوسانات در طول زمان اشاره دارد. برای مثال، تریانتافیلوپولوس (۲۰۰۸)[8] یک مدل نوسان تصادفی چند متغیره با حافظه طولانی را پیشنهاد نمود و دریافت که این مدل قادر است وابستگی بلندمدت به نوسانات را به تصویر بکشد. آسای و مک آلر (۲۰۰۹)[9] اثرات افزایش ناگهانی و اثرات اهرمی را در مجموعه‌ای از سهام آمریکایی (S&P) و ژاپنی (Nikkei) را در مدل نوسان تصادفی چند متغیره بررسی نمودند. آنها دریافتند که ترکیب اثرات ناگهانی (پرش)، توانایی مدل را در ثبت رویدادها شدیداً بهبود می‌بخشد و همچنین اثر توزیع دنباله بلند [10] را به خوبی شناسایی می‌کند. ناکایما (۲۰۱۷)[11] نشان داد که همبستگی‌های متغیر با زمان و ساختار چولگی پراکنده به بهبود عملکرد پیش‌بینی MVS و پیش‌بینی‌های ارزش در معرض خطر کمک می‌کنند.

بررسی فضای پژوهشی داخلی و مقایسه آن با مطالعات خارجی نشان می‌دهد کاربردهای تجربی مدلهای تلاطم تصادفی در ایران به طور عمده بر مدل‌سازی تلاطم بر مدلهای کلاس آرچ و گارچ یک یا چندمتغیره استوار بوده و مدلسازی بر مبنای الگوی تلاطم تصادفی عاملی چندمتغیره علی رغم وجود مزایا و استقبال پژوهشگران خارجی، در مطالعات داخلی محدود به چند مقاله می‌باشد. به طور نمونه طالبلو و مهاجری (۱۴۰۰) تلاطم در بازار دارایی ایران را با استفاده از مدل تصادفی چند متغیره عاملی را بررسی نمودند و نشان دادند ۲ عامل پنهان تلاطم سهام دلار طلا و تورم را متأثر می‌کند. آنان در مطالعه دیگری تلاطم در ۱۵ صنعت بورس تهران را بررسی نمودند و کارایی مدل تصادفی

1. time-varying correlation models
2. alternative MSV
3. matrix exponential transformation
4. Cholesky decomposition
5. Wishart autoregressive process
6. Tse & Tsui
7. Tims & Mahieu
8. Triantafyllopoulos
9. Asai & McAleer
10. heavy-tails of return distributions
11. Nakajima

چند متغیره عاملی را به خوبی نشان دادند (طالبلو و مهاجری ۱۳۹۹). شاکری و همکاران (۱۴۰۰) نحوه سرایات تلاطم بین بازارهای مالی ایران و کشورهای اسلامی صادرکننده نفت را با استفاده الگوی تلاطم تصادفی عاملی چند متغیره بررسی نمودند. در سه مقاله مذکور، به کاربرد تلاطم تصادفی در سطح شرکتها بورس تهران پرداخته نشده است و مقاله پیش رو درصدد پر کردن خلأ پژوهشی در ادبیات داخلی در این زمینه می‌باشد.

۳. روش شناسی پژوهش

از میان انواع مدل‌های توسعه یافته تلاطم تصادفی چند متغیره، مدل چند متغیره عاملی[1] به‌عنوان تکنیک اصلی این پژوهش استفاده می‌شود. این مدل قادر است مؤلفه‌های محتمل در بازده سهام شرکت‌ها از قبیل تلاطم خوشه‌ای و هم‌حرکتی تلاطمات را به خوبی دربرگیرد. همچنین از آنجایی‌که به طور همزمان، مدل باید در مقابل شوک‌های مختص به سهم هر شرکت مقاوم باشد، مدل چند متغیره عاملی با بهره‌گیری فضای عامل پنهان متعامد با ابعاد کمتر می‌تواند هم‌حرکتی‌های نوسانات در طول زمان متغیر را دربرگیرد به علاوه، با درنظرگرفتن، تلاطم خوشه‌ای، مدلی مقاوم در مقابل شوک‌های مرتبط با ماهیت فرآیندهای تلاطم تصادفی ارائه می‌نماید.

تعداد بالای مجهولات در مقایسه با تعداد مشاهدات، اصلی‌ترین مسئله در برآورد کوواریانس پویا است. اگر m ابعاد مقطع را نشان دهد، در آن صورت ماتریس کوواریانس مرتبط با آن یعنی $\boldsymbol{\Sigma}_t$، درجه آزادی معادل $\frac{m(m+1)}{2}$ را خواهد داشت. این مسئله دچار نفرین ابعاد خواهد شد و برای حل آن، مدل چند متغیره عاملی با استفاده از عوامل پنهان، ابعاد را کاهش داده و برآورد کارا از ماتریس کوواریانس پویا ($\boldsymbol{\Sigma}_t$) ارائه می‌کند.

مدل‌های عاملی بر این ایده استوارند که تمامی سیستم‌ها (حتی با ابعاد بالا) توسط چند عامل تصادفی هدایت می‌شوند. این عوامل تصادفی، کنترل تعاملات پنهان مشترک بین مشاهدات را تحت‌تأثیر قرارمی‌دهد. به‌عبارت دیگر این مدل‌ها با تجزیه ماتریس کواریانس پویا به دو ماتریس مجزای عوامل پنهان و ماتریس قطری واریانس‌های خاص خطای هر دارایی، تعداد مجهولات را کاهش می‌دهد. فرض کنید مدل تحت تأثیر r عامل پنهان باشد بنابراین می‌توان ماتریس کواریانس را به صورت زیر تجزیه نمود:

$$\boldsymbol{\Sigma}_t = \tilde{\boldsymbol{\Sigma}}_t + \bar{\boldsymbol{\Sigma}}_t \qquad (۱)$$

1 . multivariate factor stochastic volatility model (MFSVM)

که $\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{t}}$ ماتریس همبستگی عوامل پنهان و یک ماتریس متقارن با مرتبه r (r << m) و $\overline{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathrm{t}}$ ماتریس قطری است که شامل واریانس خطاها خاص دارایی می‌باشد. فرض مرتبه برای ماتریس متقارن $\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathrm{t}}$ ، باعث فاکتورسازی (عامل‌سازی)[1] می‌شود:

$$\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathrm{t}} = \boldsymbol{\Psi}\boldsymbol{\Psi}^{T} \qquad (۲)$$

که $\boldsymbol{\Psi} \in \mathbb{R}^{m\times r}$ شامل $mr - r(r-1)/2$ عنصر آزاد می‌باشد بنابراین تعداد $m(r+1) - r(r-1)/2$ عنصر آزاد در ماتریس Σ_{t} باقی خواهد ماند. برای مثال با فرض m=1000 با لحاظ عامل سازی r=3 تعداد عناصرآزاد ماتریس Σ_{t} از ۵۰۰۵۰۰ به ۳۹۹۷ کاهش می‌یابد و بدین طریق راهکاری برای خروج از نفرین ابعاد ارائه می‌شود. بردار $y_t = (y_{t1}, y_{t2}, \dots, y_{tm})^T$ که مشاهدات نوسانات ۳۰ شرکت بزرگ پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد را می‌توان به شیوه زیر بر اساس الگوی تلاطم تصادفی عاملی مدل‌سازی نمود.

$$y_t|\beta, \boldsymbol{\Lambda}, \boldsymbol{f_t}, \overline{\Sigma}_{\mathrm{t}} \sim N_m\,(\beta + \boldsymbol{\Lambda}\boldsymbol{f_t}, \overline{\Sigma}_{\mathrm{t}}) \qquad (۳)$$
$$\boldsymbol{f_t}|\widetilde{\Sigma}_{\mathrm{t}} \sim N_r(\mathbf{0}, \widetilde{\Sigma}_{\mathrm{t}})$$

رابطه ۳ بیان می‌کند که بردار مشاهدات y_t یک متغیر تصادفی دارای توزیع نرمال چند متغیره است که میانگین آن $\beta + \boldsymbol{\Lambda}\boldsymbol{f_t}$ و واریانس آن همان ماتریس کواریانس خطاهای خاص دارایی $(\overline{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{t}})$ است. به نحوی‌که میانگین تابع از سه متغیر دیگر β و $\boldsymbol{f_t}$ و $\boldsymbol{\Lambda}$ می‌باشد که $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)^T$ میانگین خاص مشاهدات $f_t = (f_{t1}, f_{t2}, \dots, f_{tr})^T$ بردار عوامل پنهان که تابع توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{t}}$ (ماتریس کواریانس عامل پنهان) است وماتریس $\boldsymbol{\Lambda} \in \mathbb{R}\,(\mathrm{m}\times\mathrm{r})$ ماتریس بار عاملی می‌باشد. بر اساس معادله ۳، معادله ۱ را به صورت زیر می‌توان بازنویسی نمود:

$$\boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{t}} = \boldsymbol{\Lambda}'\,\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}'_{t}\,(\boldsymbol{\Lambda}')^{T} + \overline{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{t}} \qquad (۴)$$

در این روش چندین مسئله شناسایی شامل مرتبه، علامت و مقیاس عوامل وجود دارد که نامشخص‌اند. به طور خاص برای هر ماتریس جایگشت تعمیم یافته P[2] با اندازه $r \times r$ می‌توان تجزیه معتبر دیگری مانند $\boldsymbol{\Sigma}_{\mathrm{t}} = \boldsymbol{\Lambda}'\,\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}'_{t}\,(\boldsymbol{\Lambda}')^{T} + \overline{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathrm{t}}$ یافت که $\boldsymbol{\Lambda}' = \boldsymbol{\Lambda}\boldsymbol{P}^{-1}$ و $\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}'_{t} = \boldsymbol{P}\,\widetilde{\boldsymbol{\Sigma}}_{t}\boldsymbol{P}^{T}$ باشد. همچنین می‌توان ابهام موجود در مقیاس عوامل را از طریق ثابت نمودن سطح لگاریتم واریانس با صفر ی برطرف نمود. شناسایی علامت و مرتبه را نیز می‌توان از طریق

1. factorization
2. generalized permutation matrix

محدودیتهایی روی ماتریس بار عاملی Λ انجام داد (حسیجنی و کاستنر ۲۰۲۱).

بر اساس رابطه (۴)، تلاطم (لگاریتم واریانس) به دو جزء تجزیه می‌شود، جزء اول مرتبط با تأثیر عامل (یا عوامل) پنهان بر متغیر مورد بررسی است و جزء دوم، تلاطم خاص هر متغیر را نشان می‌دهد. در عبارت نخست از رابطه (۴) یعنی $\boldsymbol{\Lambda' \tilde{\Sigma}'_t (\Lambda')^T}$، ماتریس بار عاملی با Λ نشان داده می‌شود که نشان‌دهنده میزان اثرپذیری هر یک از متغیرها از عوامل پنهان است و ماتریس $\bar{\Sigma}_t$ نیز ماتریس تلاطم عوامل پنهان را نشان می‌دهد. اگر محدودیت‌های مطلق روی پارامترها در نظر گرفته شود برآورد سازگار از واریانس‌های مربوطه غیرممکن است. تحت چنین شرایطی، استنباط بیزی[1] برای توزیع پسین می‌تواند انعطاف‌پذیری لازم برای برآورد سازگار از واریانس‌ها را فراهم سازد.

در بسیاری از مطالعات علمی، به مجموعه‌ای از داده‌ها (D) دسترسی وجود داشته که به واسطه آن تمایل وجود دارد که حقایقی از محیط اطراف در قالب مدلی همچون (M) دریافت شود. مدلی که به واسطه پارامترهای آن (Θ_M) بهترین تخمین از داده‌ها را به دست دهد. با استفاده از موارد مذکور می‌توان احتمال توزیع داده‌ها جمع‌آوری شده را بر اساس برخی از پارامترهای کشف شده از مدل مفروض صحیح (M) برآورد نمود که به آن تابع درستنمایی[2] گفته شده و با نماد $P(D|\Theta_M, M)$ نمایش می‌دهند. در نظریه بیزی، که به استنباط بیزی نیز شناخته می‌شود، با استفاده از اطلاعات و شواهد جدید ارائه شده (تابع درست نمایی) توزیع احتمال پیشین[3] پارامترها بروزرسانی شده و توزیع احتمال پسین[4] از پارامتر بدست می‌آید. رابطه بیزی را به صورت رابطه ۶ می‌توان بیان نمود:

$$P(\Theta_M|D, M) = P(D|\Theta_M, M)P(\Theta_M|M)/P(D|M) \qquad (۵)$$

که در آن $P(\Theta_M|M)$ توزیع پیشین پارامترها، $P(D|\Theta_M, M)$ تابع درستنمایی و $P(\Theta_M|D, M)$ توزیع احتمال پسین پارامترها و $P(D|M)$ تابع درستنمایی مرزی است که بر اساس رابطه ۶ بدست می‌آید.

$$P(D|M) = \int P(D|\Theta_M, M)P(\Theta_M|M)d\Theta_M \qquad (۶)$$

روند بیزی معمولاً شامل سه مرحله اصلی است: [۱] کسب دانش موجود در مورد یک پارامتر خاص در یک مدل آماری از طریق توزیع پیشین که معمولاً قبل از جمع‌آوری

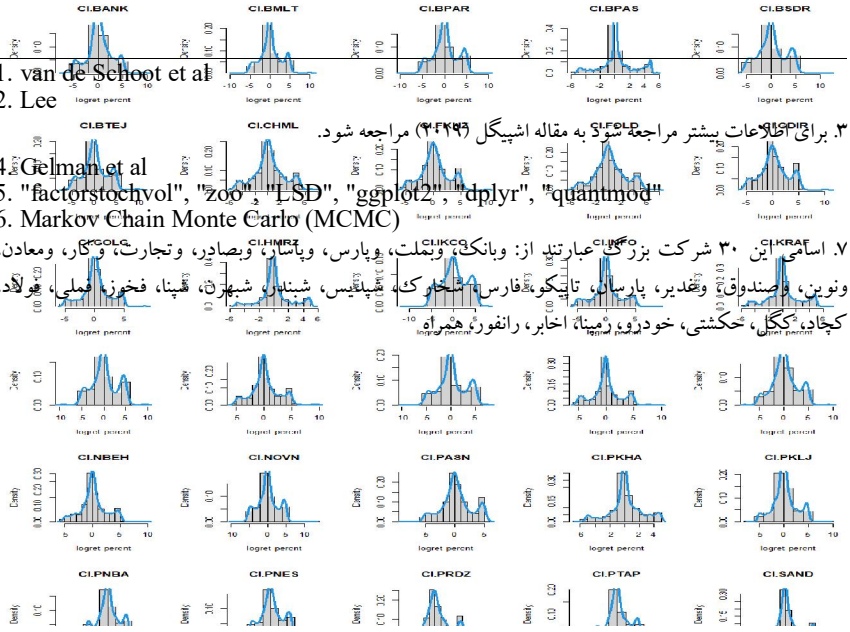
1. bayesian inference
2. likelihood
3. prior distribution
4. posterior distribution

داده‌ها تعیین می‌شود؛ [۲] تعیین تابع احتمال درستنمایی با استفاده از اطلاعات و داده‌های مشاهده شده در مورد پارامترها؛ و [۳] ترکیب هر دو توزیع پیشین و تابع احتمال با استفاده از قضیه بیز و بدست آوردن توزیع پسین. هنگامی‌که استنباط بیزی بر روی توزیع پسین میانگین‌گیری شود به طور بهینه عمل می‌کند (ون دی شوت و همکاران ۲۰۲۱)[۱]. توزیع پسین را می‌توان برای تخمین رویدادهای آینده استفاده نمود (لی، ۲۰۱۲)[۲].

استنباط‌های بیزی بهینه هستند وقتی از این توزیع احتمال مشترک میانگین گرفته می‌شود و استنباط برای این مقادیر بر اساس توزیع شرطی آن‌ها با توجه به داده‌های مشاهده شده است. توزیع پسین همچنین می‌تواند برای پیش‌بینی رویدادهای آینده استفاده شود.[۳] در دو دهه اخیر آمار بیزی با موفقیت در زمینه‌های مختلف از جمله اقتصاد و اقتصادمالی خصوصاً در برآورد پارامترهای مدل‌های اقتصادسنجی، پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی و آزمون فرضیه‌های اقتصادی استفاده می‌شود (گلمن و همکاران، ۱۹۹۵)[۴].

٤. تجزیه و تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها

در این پژوهش از یک مدل نوسان تصادفی چند متغیره در نرم افزار R به همراه بسته‌های مربوطه[۵]، بر مبنای روش زنجیره مارکوف –مونت کارلو[۶]، برای تحلیل نوسانات در بازار سهام ایران استفاده شده‌است. نمونه مورد مطالعه، شامل داده‌های روزانه بازده ۳۰ سهم بزرگ بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی مصادف با ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ تا ۱۴۰۲/۰۷/۱۵ است که با نرم افزار TseClient 2.0 استخراج شده‌اند. ۳۰ شرکت بزرگ در صنایع مختلف بورسی مشتمل بر بانک، بیمه، پتروشیمی‌و سایر صنایع در حال فعالیت هستند.[۷]



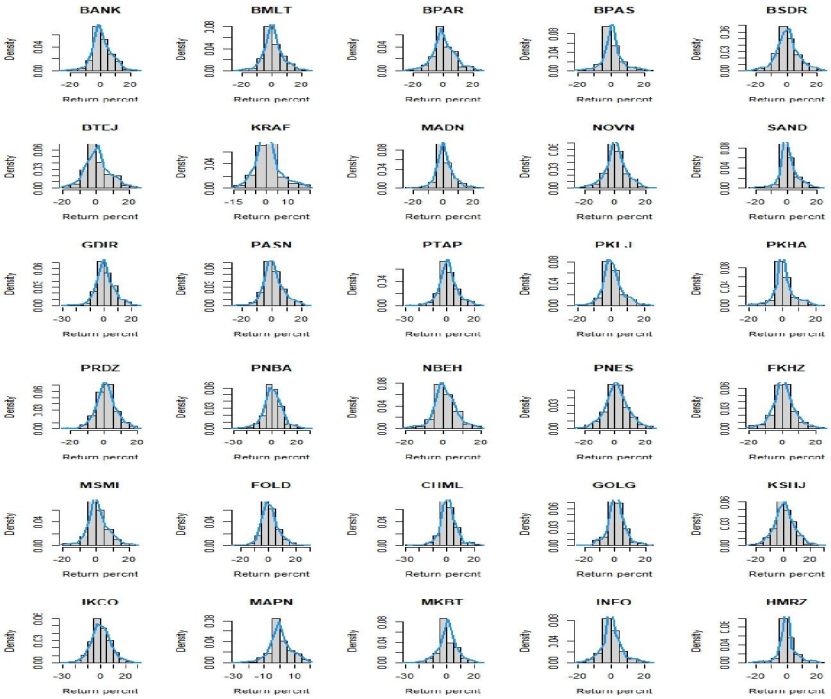
شکل ۱. توزیع فراوانی نوسانات روزانه ۳۰ شرکت بزرگ بورس اوراق بهادار تهران

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

1. van de Schoot et al
2. Lee
۳. برای اطلاعات بیشتر مراجعه شود به مقاله اشپیگل (۲۰۱۹)
4. Gelman et al
5. "factorstochvol", "zoo", "LSD", "ggplot2", "dplyr", "quantmod"
6. Markov Chain Monte Carlo (MCMC)
۷. اسامی این ۳۰ شرکت بزرگ عبارتند از: وبانک، وبملت، وپارس، وپاسار، وبصادر، وتجارت، وکار، ومعادن، ونوین، فاصندوق، وغدیر، پارسان، تاپیکو، فارس، شاخارک، شپلیس، شبندر، شبهرن، شپنا، فخوزا، فملی، فولاد، کچاد، کگل، محکشتی، خودرو، زمینا، اخابر، رانفور، همراه

در ابتدا بر اساس داده‌های روزانه سعی بر توسعه مدل و استخراج عوامل پنهان شد اما با توجه به توزیعات چند قله‌ای[1] نوسانات داده‌های روزانه (شکل۱) و حساسیت اکثر الگوریتم‌های MCMC به توزیع‌های چندقله‌ای که با توجه به همبستگی زیاد بین حالت‌های متوالی، همگرایی کندی را به همراه دارد (چلمند و هگستاد ۲۰۰۱)[2]، با تبدیل نوسانات از روزانه به هفتگی (شکل ۲) این مشکل برطرف گردید. در مجموع پس از حذف ۸ داده دور افتاده[3] ۲۹۱ مشاهده مشترک برای هر یک از متغیرهای برشمرده باقی ماند. منشأ داده‌های دورافتاده عمدتاً مربوط به زمان‌هایی است که نماد پس از بازه بسته نسبتا طولانی بازگشایی شده و با نوسانات غیر معمول همراه شده است. با توجه به شکل ۲ مشخص است توزیع عمده نوسانات هفتگی به صورت تک قله‌ای است.

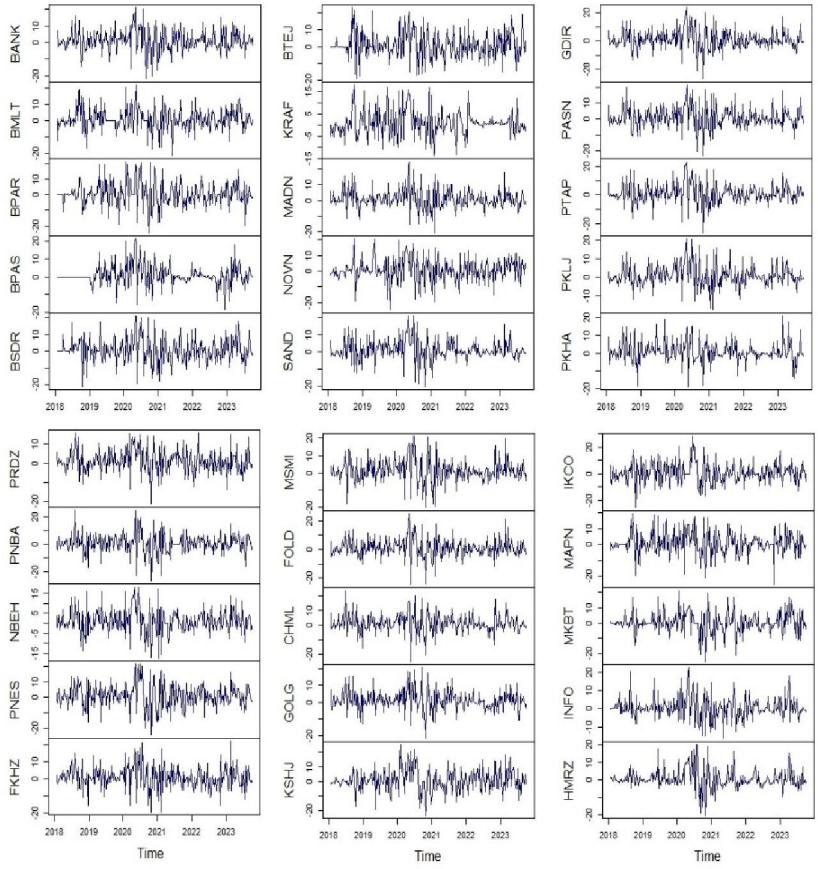
1. multimodal distribution
2. Tjelmeland & Hegstad
3. out layers



شکل ۲. توزیع فراوانی نوسانات هفتگی ۳۰ شرکت بزرگ بورس اوراق بهادار تهران

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

بر اساس شکل ۳ چند حقیقت در بازار بورس تهران قابل مشاهده می‌باشد. اول ثابت نبودن فرآیند تلاطم بازده سهم‌ها در طول زمان، دوم، رفتار خوشه‌ای، بدین معنا که نوسانات شدید به دنبال خود تلاطمات بالایی را ایجاد می‌کنند و معمولاً نوسانات اندک با تلاطمات اندک در دوره‌های بعدی همراه می‌شوند، دوم ثابت نبودن هم‌حرکتی‌ها در بازار سهام در طول زمان.



شکل ۳. نوسانات هفتگی سهام ۳۰ شرکت

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

آمارهای توصیفی سری‌های زمانی بازده ۳۰ سهام در جدول (۱) ارائه شده است که نشان‌دهنده مثبت بودن میانگین بازده تمامی سهام‌ها است. پتروشیمی شپدیس و اخابر طی دوره بررسی، به ترتیب بیشترین و کمترین بازدهی را در این دوره تجربه نموده‌اند. بیشترین و کمترین نوسانات بازده بازار سهام نیز به ترتیب به ایران‌خودرو و همراه اول اختصاص دارد. آماره‌های مرتبط با چولگی بازده شاخص‌های مختلف نیز حکایت از نامتقارن بودن توزیع بازده و چولگی به سمت راست بازده‌های تمامی شرکت‌ها (به استثنای ونوین، شبندر

و اخابر) دارد. در ارتباط با آماره‌های کشیدگی نیز به استثنای همراه اول، کشیدگی بازدهی سایر دارایی‌ها کمتر از نرمال است.

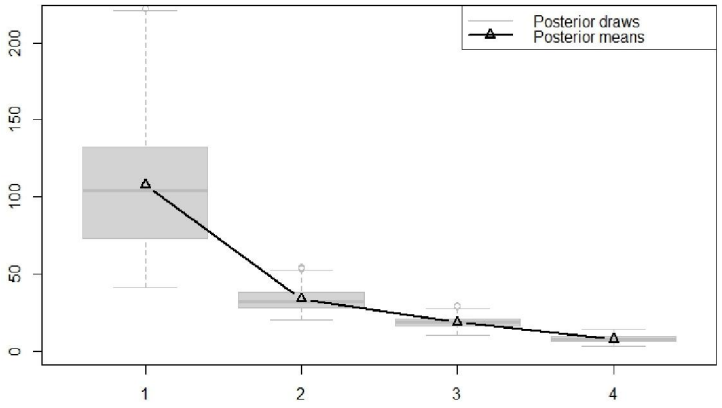
جدول (۱). آمارهای توصیفی بازده سهام ۳۰ شرکت بزرگ بورسی کشور

نماد شرکت‌ها	اسامی اختصاری	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
فولاد	FOLD	۰/۹۵۵۹	۶/۳۰۱۹	۰/۱۵۷۹	۲/۲۹۴۰
همراه	HMRZ	۰/۴۲۱۹	۵/۴۰۷۲	۰/۵۶۶۶	۳/۳۶۵۵
وتجارت	BTEJ	۰/۷۴۲۴	۷/۴۵۴۳	۰/۲۶۶۶	۰/۳۶۸۹
وبانک	BANK	۰/۸۷۱۷	۶/۲۹۱۳	۰/۰۲۸۷	۱/۱۲۸۵
وبملت	BMLT	۰/۷۴۰۹	۶/۳۸۳۶	۰/۱۴۸۶	۱/۲۳۰۶
وپارس	BPAR	۰/۳۵۵۰	۷/۴۳۵۶	۰/۱۴۱۷	۰/۸۶۸۴
وپاسار	BPAS	۰/۷۵۷۶	۵/۴۴۹۰	۰/۵۲۴۸	۲/۸۵۹۴
وبصادر	BSDR	۰/۵۲۵۵	۷/۱۵۰۱	۰/۱۷۲۰	۰/۷۲۵۲
وکار	KRAF	۰/۶۰۳۸	۵/۵۳۹۷	۰/۵۶۹۸	۰/۹۶۹۳
ومعادن	MADN	۰/۷۵۴۳	۶/۰۴۳۸	۰/۵۳۸۵	۲/۰۲۴۳
ونوین	NOVN	۰/۴۷۳۵	۶/۹۱۵۷	−۰/۱۱۴۹	۱/۰۵۲۸
وصندوق	SAND	۱/۰۳۰۹	۵/۷۳۱۱	۰/۱۹۰۲	۲/۱۹۶۵
وغدیر	GDIR	۰/۹۸۳۰	۶/۴۵۶۹	۰/۱۷۶۹	۱/۷۳۴۳
پارسان	PASN	۰/۹۶۲۰	۶/۳۷۶۹	۰/۳۴۲۸	۱/۳۵۸۶
تاپیکو	PTAP	۰/۹۲۰۶	۶/۶۴۹۶	۰/۱۴۷۲	۱/۷۶۶۱
فارس	PKLJ	۰/۹۴۱۰	۵/۵۵۸۷	۰/۴۲۸۵	۱/۴۹۰۵
شخارک	PKHA	۰/۶۹۶۷	۵/۵۵۰۲	۰/۳۷۸۴	۲/۵۶۱۲
شپدیس	PRDZ	۱/۱۱۳۰	۵/۷۶۴۰	۰/۰۲۸۵	۰/۷۲۸۱
شبندر	PNBA	۰/۶۹۰۸	۷/۱۳۲۵	−۰/۰۸۷۲	۱/۷۹۶۲
شبهرن	NBEH	۰/۹۶۳۴	۵/۷۳۷۷	۰/۱۲۰۵	۱/۰۵۳۴
شپنا	PNES	۰/۸۵۴۷	۷/۵۱۷۲	۰/۰۲۷۷	۰/۵۴۲۵
فخوز	FKHZ	۰/۶۷۶۱	۶/۳۶۹۱	۰/۰۸۹۰	۱/۲۲۶۵
فملی	MSMI	۱/۰۴۵۳	۶/۴۴۳۶	۰/۱۹۲۱	۱/۴۹۳۵
کچاد	CHML	۰/۹۲۸۹	۶/۰۱۴۵	۰/۰۰۶۵	۲/۴۹۵۶
ککگل	GOLG	۰/۸۸۴۴	۵/۷۱۴۸	۰/۱۶۷۳	۱/۸۱۰۹
حکشتی	KSHJ	۰/۶۹۱۹	۷/۵۱۸۳	۰/۱۱۶۳	۰/۵۸۲۵
خودرو	IKCO	۰/۵۹۹۶	۷/۵۸۹۲	۰/۲۱۳۴	۰/۷۰۳۵
رمپنا	MAPN	۰/۷۱۱۴	۷/۱۳۶۱	۰/۰۲۲۳	۰/۸۳۰۷
اخابر	MKBT	۰/۱۲۳۱	۶/۸۰۱۵	−۰/۱۰۷۹	۱/۴۱۲۱
رانفور	INFO	۰/۳۳۰۶	۵/۶۲۶۹	۰/۵۲۹۱	۲/۰۲۰۳

هدف اصلی به‌کارگیری مدل‌های تلاطم تصادفی عاملی، تجزیه تلاطم متغیرها به دو جزء است: جزء اول عوامل پنهان اثرگذار بر سهام و جزء دوم تلاطم خاص همان سهم

است. در این مدل بر اساس روش نمونه گیری گیبز در بسته نرم افزاری R (کاستنر ۲۰۱۶) سعی بر آن است که پارامترها و عدم قطعیت نمونه‌گیری آنها در فضای بیزین برآورد شده و با کمّی‌سازی عدم قطعیت ذاتی، برآورد مناسبی از توزیع تراکم نمونه ارائه شود.

در گام اول تعداد عوامل پنهان که بازده ۳۰ شرکت منتخب را متأثر می‌کنند، شناسایی شد. پایین مثلثی بودن ماتریس بارعاملی، رایج‌ترین شیوه شناسایی الگو در مدل‌های تلاطم تصادفی است و در این راستا مقادیر مشخصه ماتریس $\Lambda^T\Lambda$ می‌تواند راهنمای مناسبی برای تشخیص و انتخاب تعداد عوامل پنهان یا نهفته محسوب شود. برساس شکل ۴، سه عامل پنهان قابل تشخیص هستند که اختلاف معنی‌داری از صفر دارند.

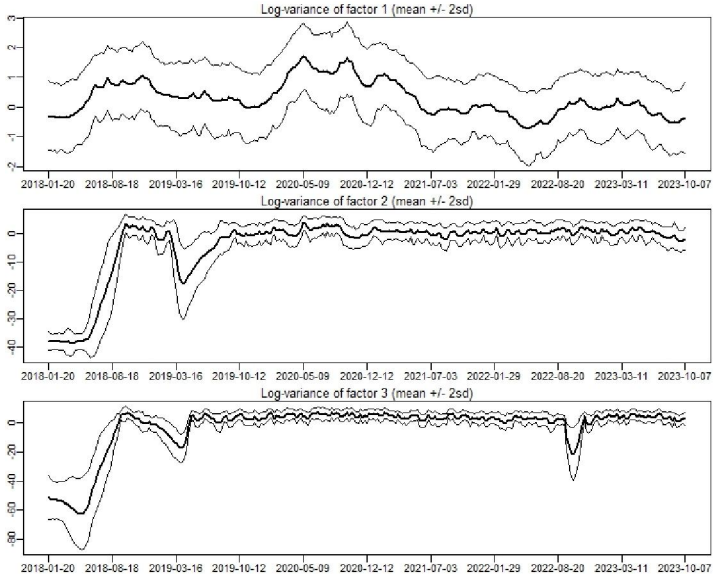


شکل ٤. مقادیر مشخصه و شناسایی تعداد عوامل نهفته

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

گام دوم، بررسی تلاطم (لگاریتم واریانس) میانگین پسین عوامل پنهان است که در بازه مثبت/ منفی۲ انحراف معیار ترسیم شده است و به درک بهتر تلاطم بازده سهام ۳۰ شرکت که تحت تأثیر عامل پنهان هستند، کمک خواهند کرد (شکل ۵). از آنجایی‌که این عوامل پنهان، در برگیرنده حوادث و رویدادهای گوناگونی هستند لذا تفسیر آن‌ها و انتساب‌شان به مجموعه‌ای از متغیرها به راحتی امکان‌پذیر نیست و تنها با بررسی روند مرتبط با تلاطم هر یک از آن‌ها و انطباق نقاط اوج و فرود آن با وقایع اقتصادی – سیاسی و اجتماعی (داخلی و بین المللی) صرفاً می‌توان حدس‌هایی مطرح کرد. بر اساس توضیحاتی که در ادامه ارائه می‌شود به نظر می‌رسد عامل پنهان اول، به‌طور عمده انعکاسی از ریسک‌های بین المللی و

عامل پنهان دوم و سوم تحت تأثیر برخی ریسک‌های اقتصادی و تصمیمات داخلی است.

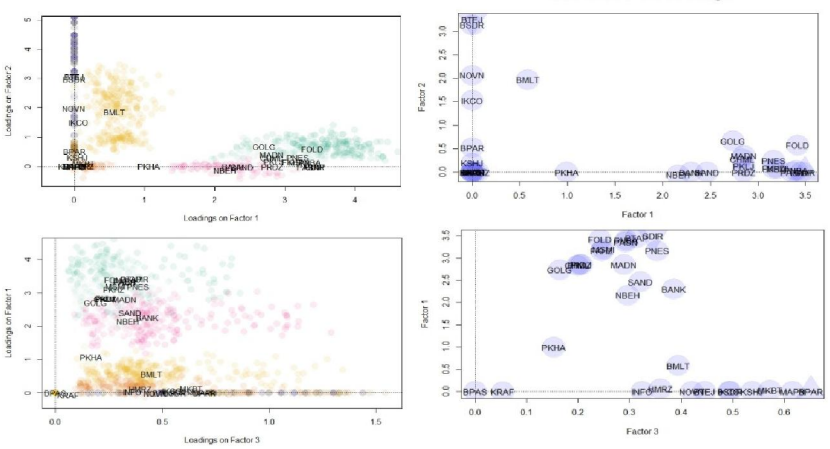


شکل ۵. تلاطم میانگین پسین عامل‌های اول تا سوم

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

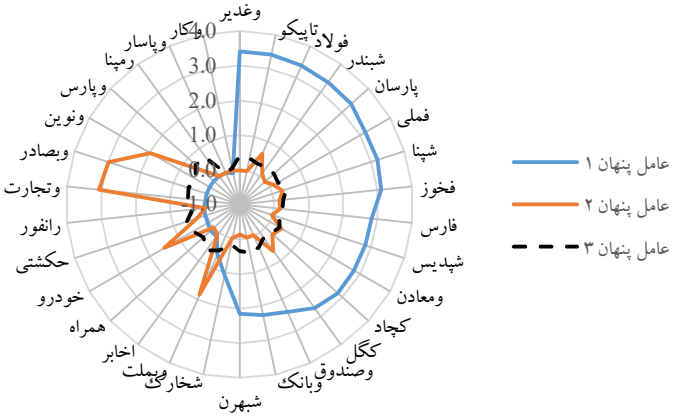
گام سوم، شناسایی میزان اثرپذیری هر یک از بازده‌های سهام از عوامل پنهان در قالب یک تصویر کلی است که در شکل (۶) منعکس شده است. شناسایی جهت و میزان اثرپذیری در این نمودار از این قاعده تبعیت میکند که قرار گرفتن روی محور عمودی یا افقی به مفهوم اثرپذیری از یک عامل پنهان است و اگر اثرپذیری دارایی در محدودهای مابین این محورها قرار گرفته باشد به مفهوم اثرپذیری از هر دو عامل است. بعنوان مثال سهام شرکتهای صادراتی شامل صنایع شیمیایی، پالایشی، فلزات و معادن فلزی و همچنین شرکت‌های سرمایه گذاری که سبد دارایی‌شان متشکل از این صنایع می‌باشند. عمدتاً تحت تأثیر عامل پنهان اول هستند. این عامل پنهان را می‌توان مرتبط با عواملی همچون نوسانات قیمت ارز، تغییرات قیمت‌های جهانی کامودیتی‌ها، تحولات سیاسی و اقتصادی بین‌المللی مثل ناآرامی‌های منطقه‌ای و بین‌المللی، همه‌گیری کرونا، در نظر گرفت. عمده بانک‌ها تحت تأثیر عوامل پنهان دوم و سوم هستند که می‌توان آن دو عامل را متأثر از سیاست‌های پولی و مالی کشور دانست.

در شکل (۷) میانگین اثرپذیری بازده سهام هر یک از ۳۰ شرکت مورد بررسی از عوامل پنهان در قالب نمودار تارعنکبوتی ترسیم شده است که به شیوه دیگری، مشاهدات و یافته‌های قبلی را بازتولید می کند.



شکل ٦. توزیع بار عاملی پسین عامل‌های و توزیع میانگین آنها

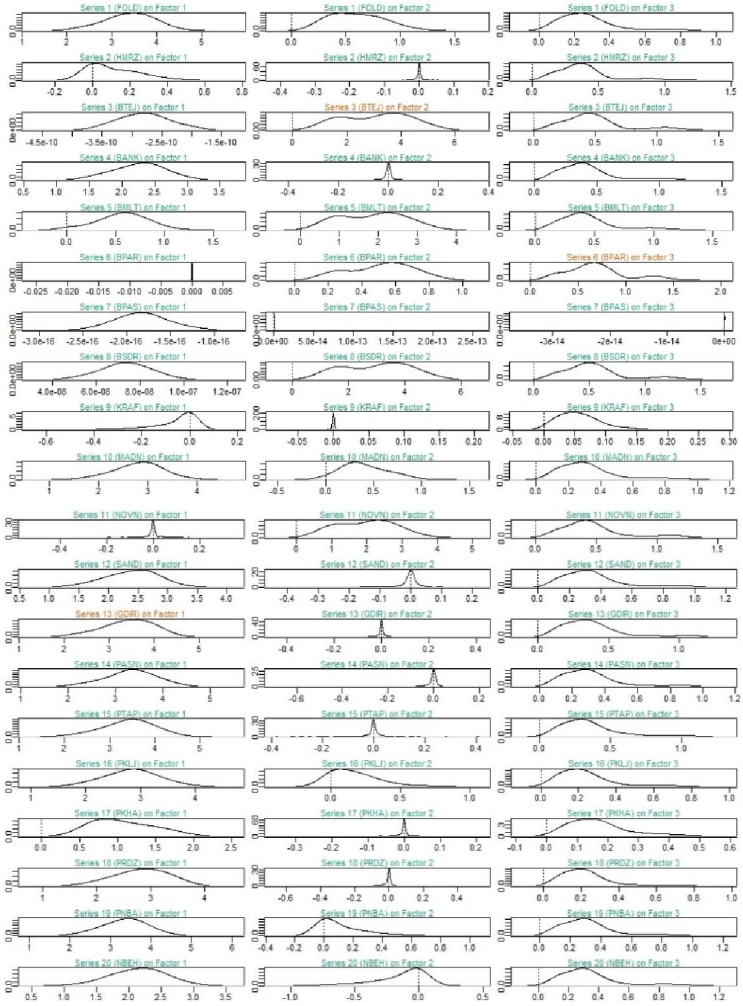
مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

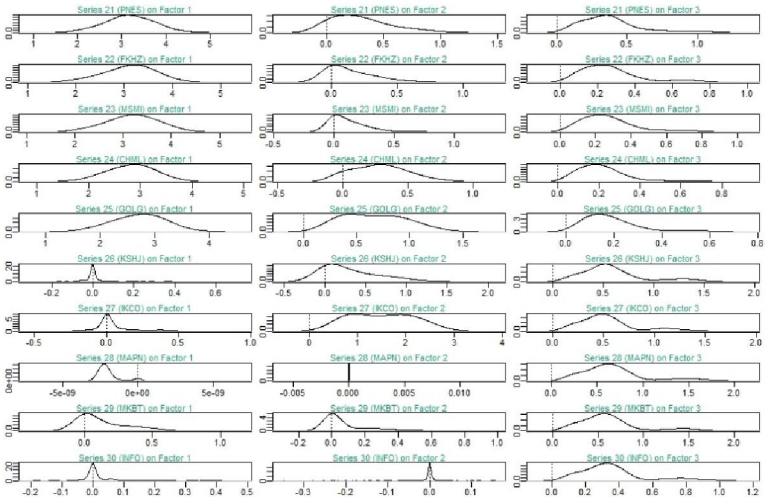


شکل ۷. میانگین تأثیر عامل‌های پنهان بر سهام منتخب

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

تابع چگالی احتمال توزیع بار عاملی برای هر سهم به تفکیک ۳ عامل پنهان در شکل (۸) به طور دقیق‌تر ترسیم شده است که از سمت چپ به ترتیب توزیع بار عاملی مربوط به عوامل ۱ الی ۳ را روی شاخص بازده سهام نشان می‌دهد. مثلاً در سطر اول شکل (۸)، توزیع بار عاملی سری اول (فولاد) را نشان می‌دهد. نمودار اول از سمت چپ نشان می‌دهد که میانگین اثرپذیری سهم فولاد از عامل پنهان اول ۳/۴ است بدین معنا که عامل پنهان اول، تأثیر معنی‌داری بر تلاطم سهم فولاد دارد. این در حالی‌است که طبق نمودار وسط و راست، میانگین اثرپذیری سهم فولاد از عامل پنهان دوم و سوم، به ترتیب ۰/۶ و ۰/۳ می‌باشد و ۹۵ درصد توزیع آن بزرگتر از صفر است که بیانگر اثر پذیری این سهم از این دو عامل است هرچند که میزان اثرپذیری از عوامل دوم و سوم، کوچکتر از عامل اول است. تفسیر سایر ۲۹ سهم دیگر را نیز به طور مشابه می‌توان ارائه کرد.



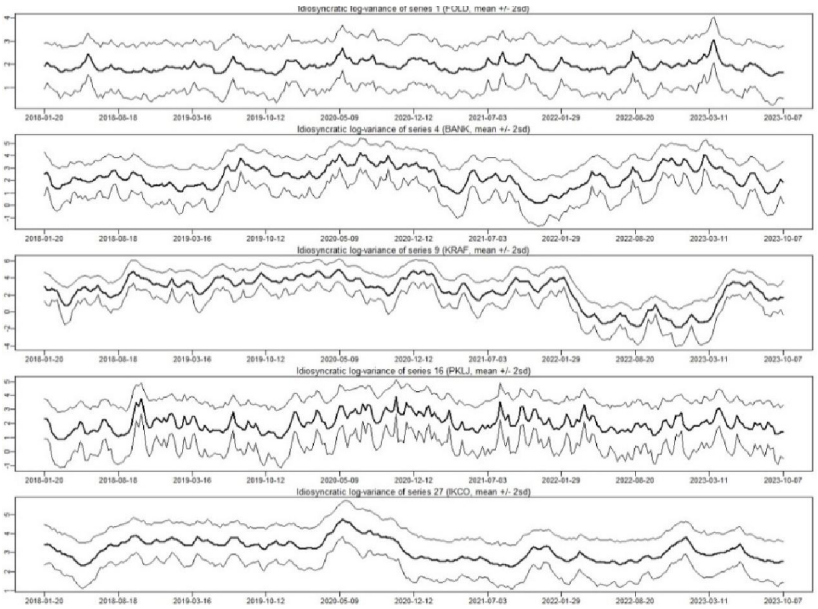


شکل ۸. توزیع بار عاملی پسین عامل اول تا سوم به تفکیک هر سهم

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

همانطور که پیشتر توضیح داده شد طبق معادله(۵)، $\boldsymbol{\Sigma_t = \Lambda' \widetilde{\Sigma}'_t (\Lambda')^T + \overline{\Sigma}_t}$، تلاطم بازده هر سهم از طریق مدلهای MFSV به دو جزء قابل تفکیک است، «تلاطم متأثر از عوامل پنهان» و «تلاطم خاص بازده هر سهم» که به ترتیب با عبارات $\boldsymbol{\Lambda' \widetilde{\Sigma}'_t (\Lambda')^T}$ و $\boldsymbol{\overline{\Sigma}_t}$ نمایش داده شده‌اند. تا به اینجا تلاش گردید تأثیر عوامل پنهان بر تلاطم بازده‌های سهام مورد بحث قرار گیرد و تمرکز مباحث بعدی، روی تلاطم خاص بازده هر سهم ($\boldsymbol{\overline{\Sigma}_t}$) و مجموع تلاطم ($\boldsymbol{\Sigma_t}$) است که به ترتیب در در شکل‌های (۹) و (۱۰) ترسیم شده است. شکل (۹) مربوط به تلاطم خاص بازده هر سهم است که تلاطم میانگین‌های پسین (با خط پررنگتر) به اضافه/منهای ۲ برابر انحراف معیار (با دو خط کمرنگ‌تر در اطراف میانگین) را به تصویر کشیده و به طور جداگانه برای ۵ سهم منتخب (از هر گروه یک نماینده) ارائه شده است. برخلاف شکل (۳) که روند متلاطمی از بازده هر سهم را منعکس می‌کرد، در شکل (۹)، روند نسبتاً هموارتری برای تلاطمات خاص بازده هر سهم مشاهده می‌شود. علاوه بر این، در این نمودار می‌توان تشخیص داد که تلاطمات خاص هر سهم در چه محدوده‌ای به طور متوسط در نوسان بوده است. برای نمونه، تلاطم خاص سهم فولاد در

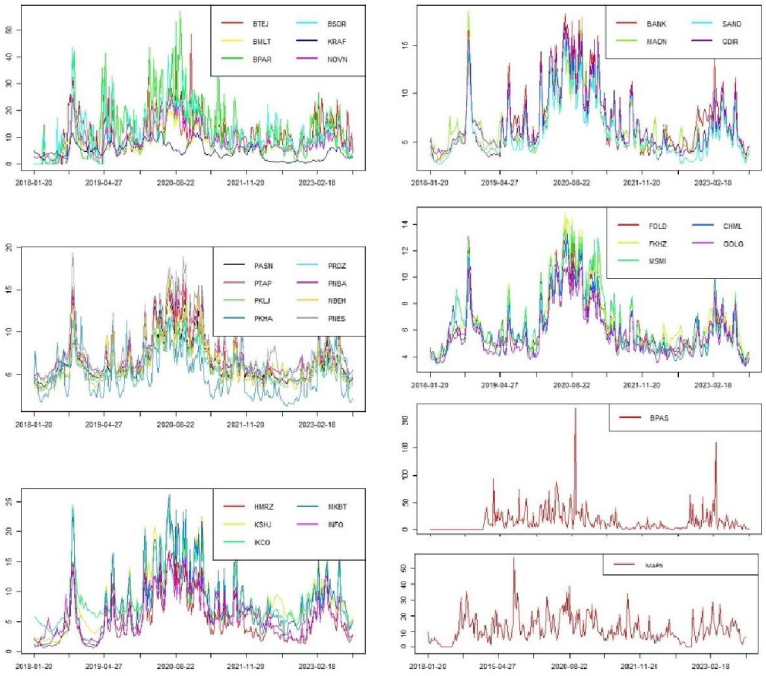
زمان‌های مختلف به طور متوسط مثبت ۲ بوده است و دو برابر انحراف معیار نیز در بازه صفر تا ۴ قرار گرفته است. به همین ترتیب تلاطمات خاص بازده سایر سهام نیز قابل تفسیر است.



شکل ۹. میانگین و انحراف معیار تلاطم خاص بازده ۵ سهم منتخب (فولاد، وبانک، وکار، فارس، خودرو)

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

شکل (۱۰) تحولات میانگین پسین تلاطمات بازده ۳۰ سهم را به تفکیک هر گروه نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود «تلاطمات متغیر در طول زمان»، «رفتار خوشه‌ای»، «هم‌حرکتی‌های متغیر در طول زمان» و «سرایت تلاطمات بین صنایع مختلف بورسی» از حقایق انکارناپذیر سری‌های زمانی مالی هستند که در این شکل به خوبی قابل رؤیت‌اند. به استثنای دو سهم وپارس و مپنا که روند متفاوتی نسبت به سایر سهم‌ها دارند هم‌حرکتی و رفتار خوشه‌ای در تمامی گروه‌ها به ویژه بین گروه‌های دوم تا چهارم نمایش داده شده است. تلاطم بازده سهام گروه بانکی، در مقایسه با سایر سهام‌ها بالاتر است که در اواسط ۲۰۱۸ ، ۲۰۲۰ و اوایل ۲۰۲۲ در همه صنایع، با اختلاف زمانی جزئی، تلاطماتی به مراتب فراتر از روند تاریخی خود را تجربه نموده است.



شکل ۸. تلاطم میانگین پسین سهام به تفکیک صنعت‌های مختلف

(چپ از بالا به پایین: بانک، پالایش و شیمیایی، سایر صنایع؛ راست از بالا به پایین: سرمایه گذاری‌ها، فلزات اساسی و معدن و در نهایت بانک پاسارگاد و گروه مپنا)

علاوه بر تجزیه تلاطم بازده هر دارایی به دو جز که محور مباحث قبلی بود، پیش‌بینی ماتریس همبستگی سری‌های زمانی، از جمله مهمترین مزیت‌های استفاده از مدلهای تلاطم تصادفی عاملی محسوب می‌شوند که از طریق توزیع پیشبینانه پسینی به دست می‌آید که میانگین آن‌ها در جدول (۲) ارائه شده است. یافته‌ها حاکی از آن است که:

یک- بالاترین همبستگی در گروه سرمایه‌گذاری و بین دو نماد وغدیر و تاپیکو مشاهده می‌شود به طوری‌که تلاطمات بازده سهام این دو شرکت، به طور متوسط ۷۴ درصد همبسته است. پس از آن، وغدیر-پارسان با همبستگی ۷۳ درصدی در جایگاه دوم قرار می‌گیرند. همچنین به طور همزمان فولاد-وغدیر و همچنین پارسان-تاپیکو با همبستگی ۷۱ درصدی، جایگاه سوم را به خود اختصاص می‌دهند.

دو- کمترین همبستگی، ۱۰- درصد بوده و بین نماد وپاسار (بانک پاسارگاد) با دو شرکت تاپیکو و پارسان (از گروه سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با صنایع نفت ،گاز و پتروشیمی) تجربه شده است و پس از آن، بانک پاسارگاد همبستگی ۹- درصدی را با نمادهای فولاد و فملی (از گروه فلزات اساسی) و فارس (از صنایع شیمیایی) داشته است.

سه- متوسط همبستگی تلاطمات بازده سهام هر یک از نمادهای مورد بررسی با شبکه شرکت‌های بزرگ بورسی در بازه ۵- درصد (برای بانک پاسارگاد) تا ۴۷/۵ درصد (برای سرمایه‌گذاری وغدیر) قرار می‌گیرد. این مشاهده بدین معناست که بازده سهام بانک پاسارگاد (وپاسار)، همبستگی چندانی با تلاطمات بازده کل شبکه سهام شرکت‌های بزرگ بورسی ندارد و بخش عمده‌ای از تلاطمات بازده این بانک، متأثر از ریسک‌های منحصر به فرد خودش است. این در حالی است که بخش عمده‌ای از تلاطمات بازده سهام شرکت سرمایه‌گذاری غدیر (وغدیر) متأثر از نوسانات کل شبکه سهام است و ریسک‌های منحصر به فرد این شرکت، توضیح‌دهندگی نسبتاً کمتری در تلاطمات بازده‌اش دارد.

جدول (۲). ماتریس همبستگی بازده سهام شرکت‌های بزرگ بورسی

	فولاد	همراه	وتجارت	وبانک	وبملت	وپارس	وپاسار	وبصادر	وکار	ومعادن	ونوین	وصندوق	وغدیر	وپارسان	وتپیکو	وفارس	وشخارک	وشپدیس	وشبندر	وشهرن	وشپنا	وفخوز	وفملی	وکچاد	وکگل	وحکشتی	وخودرو	ورپنا	واخابر	وانفور
فولاد	۱۰۰	۲۹	۳۲	۵۹	۴۰	۳۰	-۹	۳۷	۷	۶۶	۲۹	۶۳	۷۱	۶۹	۶۹	۶۶	۴۴	۶۱	۶۲	۵۶	۶۱	۶۳	۶۶	۶۴	۶۴	۲۵	۳۰	۲۵	۲۹	۲۳
همراه	۲۹	۱۰۰	۳۱	۳۶	۳۳	۳۸	-۱	۳۴	۱۲	۳۱	۳۰	۳۵	۳۴	۳۱	۳۲	۲۷	۲۵	۲۶	۲۸	۳۲	۳۰	۲۷	۲۹	۲۶	۲۳	۳۵	۳۳	۴۲	۴۰	۳۴
وتجارت	۳۲	۳۱	۱۰۰	۲۷	۵۳	۴۳	۱	۶۶	۱۰	۳۱	۵۱	۲۵	۲۵	۲۲	۲۳	۲۳	۱۹	۱۹	۲۳	۲۲	۲۸	۲۳	۲۴	۲۶	۳۰	۳۳	۴۷	۳۴	۳۴	۲۷
وبانک	۵۹	۳۶	۲۷	۱۰۰	۳۵	۳۴	-۸	۳۲	۹	۵۷	۲۶	۵۹	۶۴	۶۱	۶۲	۵۶	۴۱	۵۳	۵۴	۵۳	۵۴	۵۵	۵۷	۵۴	۵۰	۳۱	۲۹	۳۴	۳۶	۲۹
وبملت	۴۰	۳۳	۵۳	۳۵	۱۰۰	۴۱	-۲	۵۶	۱۰	۳۹	۴۷	۳۵	۳۶	۳۳	۳۳	۳۲	۲۵	۲۸	۳۲	۳۰	۳۵	۳۱	۳۳	۳۴	۳۶	۳۴	۴۴	۳۴	۳۵	۲۸
وپارس	۳۰	۳۸	۴۳	۳۴	۴۱	۱۰۰	-۲	۴۸	۱۲	۳۲	۳۹	۳۲	۳۲	۲۸	۲۹	۲۶	۲۴	۲۳	۲۷	۲۹	۳۰	۲۶	۲۷	۲۷	۲۵	۳۶	۴۰	۴۱	۴۰	۳۳
وپاسار	-۹	-۱	۱	-۸	-۲	-۲	۱۰۰	-۴	۰	-۸	۱	-۸	-۱۰	-۹	-۱۰	-۹	-۵	-۸	-۸	-۷	-۸	-۸	-۹	-۸	-۸	۰	۰	۳	-۱	۰
وبصادر	۳۷	۳۴	۶۶	۳۲	۵۶	۴۸	-۴	۱۰۰	۱۱	۳۶	۵۴	۳۱	۳۱	۲۷	۲۹	۲۸	۲۳	۲۳	۲۷	۲۷	۳۲	۲۷	۲۹	۳۰	۳۴	۳۶	۵۰	۳۶	۳۷	۳۰
وکار	۷	۱۲	۱۰	۹	۱۰	۱۲	۰	۱۱	۱۰۰	۸	۱۱	۹	۸	۷	۷	۶	۷	۶	۷	۸	۸	۶	۷	۶	۵	۱۱	۱۱	۱۳	۱۲	۱۱
ومعادن	۶۶	۳۱	۳۱	۵۷	۵۶	۳۲	-۸	۳۶	۸	۱۰۰	۲۹	۶۰	۶۷	۶۴	۶۴	۶۰	۴۲	۵۶	۵۷	۵۳	۵۷	۵۸	۶۱	۵۹	۵۸	۲۷	۳۰	۲۸	۳۱	۲۵
ونوین	۲۹	۳۰	۵۱	۲۶	۴۷	۳۹	۱	۵۴	۱۱	۲۹	۱۰۰	۲۵	۲۵	۲۲	۲۳	۲۲	۱۹	۱۹	۲۳	۲۲	۲۷	۲۲	۲۳	۲۵	۲۷	۳۲	۴۳	۳۳	۳۳	۲۶
وصندوق	۶۳	۳۵	۲۵	۵۹	۳۵	۳۲	-۸	۳۱	۹	۶۰	۲۵	۱۰۰	۶۹	۶۵	۶۶	۶۰	۴۴	۵۷	۵۸	۵۶	۵۷	۵۸	۶۱	۵۸	۵۴	۲۹	۲۸	۳۲	۳۵	۲۸
وغدیر	۷۱	۳۴	۲۵	۶۴	۳۶	۳۱	-۱۰	۳۱	۸	۶۷	۲۵	۶۹	۱۰۰	۷۳	۷۴	۶۷	۴۷	۶۴	۶۴	۶۱	۶۴	۶۵	۶۹	۶۵	۶۱	۲۹	۲۸	۳۱	۳۴	۲۸
وپارسان	۶۹	۳۱	۲۲	۶۱	۳۳	۲۸	-۹	۲۷	۷	۶۴	۲۲	۶۵	۷۳	۱۰۰	۷۱	۶۵	۴۵	۶۲	۶۲	۵۹	۶۱	۶۳	۶۶	۶۲	۵۹	۲۶	۲۵	۲۷	۳۱	۲۵
وتپیکو	۶۹	۳۲	۲۳	۶۲	۳۳	۲۹	-۱۰	۲۹	۷	۶۴	۲۳	۶۶	۷۴	۷۱	۱۰۰	۶۵	۴۶	۶۲	۶۲	۵۹	۶۱	۶۳	۶۶	۶۳	۵۹	۲۶	۲۸	۲۳	۳۲	۲۶
وفارس	۶۶	۲۷	۱۰۰	۵۶	۲۳	۲۶	-۹	۲۸	۶	۶۰	۲۲	۶۰	۶۷	۶۵	۶۵	۱۰۰	۴۱	۵۷	۵۸	۵۳	۵۷	۵۹	۶۲	۵۹	۵۳	۲۴	۲۴	۲۳	۲۷	۲۱
وشخارک	۴۴	۲۵	۱۹	۴۱	۲۵	۲۴	-۵	۲۳	۷	۲۶	۱۹	۴۲	۴۷	۴۵	۴۶	۴۱	۱۰۰	۵۷	۵۸	۵۹	۶۱	۶۲	۶۲	۶۵	۶۱	۲۹	۲۸	۲۷	۲۹	۲۱
وشپدیس	۶۱	۲۶	۱۹	۵۳	۲۸	۲۳	-۸	۲۳	۶	۲۳	۱۹	۵۶	۶۴	۶۲	۶۲	۵۷	۵۷	۱۰۰	۶۲	۶۱	۶۱	۶۳	۶۶	۶۳	۶۱	۲۹	۲۸	۲۷	۳۰	۲۱
وشبندر	۶۲	۲۸	۲۳	۵۴	۳۲	۲۷	-۸	۲۷	۷	۲۷	۲۳	۵۷	۶۴	۶۲	۶۲	۵۸	۵۸	۶۲	۱۰۰	۶۲	۶۴	۶۵	۶۳	۶۳	۶۲	۳۰	۲۹	۲۸	۳۱	۲۲
وشهرن	۵۶	۳۲	۲۲	۵۳	۳۰	۲۹	-۷	۲۷	۸	۲۲	۲۲	۵۶	۶۱	۵۹	۵۹	۵۳	۵۳	۵۹	۶۲	۱۰۰	۶۱	۶۵	۶۶	۶۳	۶۲	۳۱	۳۰	۲۸	۳۲	۲۲
وشپنا	۶۱	۳۰	۲۸	۵۴	۳۵	۳۰	-۸	۳۲	۸	۲۷	۲۷	۵۷	۶۴	۶۱	۶۱	۵۷	۵۷	۶۱	۶۴	۶۱	۱۰۰	۶۳	۶۶	۶۳	۶۱	۳۱	۳۰	۲۸	۳۲	۲۲
وفخوز	۶۳	۲۷	۲۳	۵۵	۳۱	۲۶	-۸	۲۷	۶	۵۸	۲۲	۵۸	۶۵	۶۳	۶۳	۵۹	۴۲	۵۸	۶۵	۶۳	۶۳	۱۰۰	۶۹	۶۵	۶۳	۳۲	۳۱	۳۰	۳۴	۲۴
وفملی	۶۶	۲۹	۲۴	۵۷	۳۳	۲۷	-۹	۲۹	۷	۶۱	۲۳	۶۱	۶۹	۶۶	۶۶	۶۲	۴۱	۶۲	۶۱	۶۴	۶۴	۶۹	۱۰۰	۶۵	۶۱	۳۲	۳۱	۳۰	۳۴	۲۴
وکچاد	۶۴	۲۶	۲۶	۵۴	۳۴	۲۷	-۸	۳۰	۶	۵۹	۲۵	۵۸	۶۵	۶۲	۶۳	۵۹	۴۲	۶۲	۶۲	۶۵	۶۴	۶۵	۶۵	۱۰۰	۶۲	۳۲	۳۱	۳۰	۳۴	۲۴
وکگل	۶۴	۲۳	۳۰	۵۰	۳۶	۲۵	-۸	۳۴	۵	۵۸	۲۷	۵۴	۶۱	۵۹	۶۰	۵۷	۴۱	۶۲	۶۲	۵۹	۶۱	۶۳	۶۶	۶۲	۱۰۰	۳۲	۳۱	۳۰	۳۴	۲۴
وحکشتی	۲۵	۳۵	۳۳	۳۱	۳۴	۳۶	۰	۳۶	۱۱	۲۷	۳۲	۲۹	۲۹	۲۶	۲۶	۲۳	۲۹	۲۸	۲۹	۲۸	۲۸	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۱۰۰	۴۲	۳۹	۴۱	۲۹
وخودرو	۳۰	۳۳	۴۷	۲۹	۴۴	۴۰	۰	۵۰	۱۱	۳۰	۴۳	۲۸	۲۸	۲۵	۲۴	۲۴	۲۷	۲۷	۲۸	۲۸	۲۸	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۲	۱۰۰	۴۲	۴۴	۲۸
ورپنا	۲۵	۴۲	۳۴	۳۴	۳۴	۴۱	۳	۳۶	۱۳	۲۸	۳۳	۳۲	۳۱	۲۷	۲۸	۲۳	۲۸	۳۱	۳۲	۳۲	۳۲	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۳۹	۴۲	۱۰۰	۴۲	۲۸
واخابر	۲۹	۴۰	۳۴	۳۶	۳۵	۳۳	-۱	۳۷	۱۲	۳۱	۳۳	۳۵	۳۴	۳۱	۳۳	۲۷	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۲	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	۴۱	۴۴	۴۲	۱۰۰	۲۸
وانفور	۲۳	۳۴	۲۷	۲۹	۲۸	۳۳	۰	۳۰	۱۱	۲۵	۲۶	۲۸	۲۸	۲۵	۲۶	۲۱	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۲	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۹	۲۸	۲۸	۲۸	۱۰۰

	فولاد	همراه	وتجارت	وبانک	وبملت	وپارس	وپاسار	وصادر	وکار	ومعادن	ونوین	وصندوق	وغدیر	وپارسان	تاپیکو	فارس	شخارک	شپدیس	شبندر	شبهرن	شپنا	فخوز	فملی	کچاد	کگل	حکشتی	خودرو	رمپنا	اخابر	رانفور
شخارک	۴۴	۲۵	۱۹	۴۱	۲۵	۲۴	-۵	۲۳	۷	۴۲	۱۹	۴۴	۴۷	۴۵	۴۶	۴۱	۱۰۰	۳۹	۴۰	۳۹	۴۰	۴۰	۴۲	۴۰	۳۸	۲۲	۲۱	۲۴	۲۵	۲۱
شپدیس	۶۱	۲۶	۱۹	۵۳	۲۸	۲۳	-۸	۲۳	۶	۶	۱۹	۵۷	۶۴	۶۲	۶۲	۵۷	۳۹	۱۰۰	۵۵	۵۱	۵۳	۵۶	۵۸	۵۵	۵۳	۲۱	۲۱	۲۲	۲۶	۲۱
شبندر	۶۲	۲۸	۲۳	۵۴	۳۲	۲۷	-۸	۲۷	۷	۵۷	۲۳	۵۸	۶۴	۶۲	۶۲	۵۸	۴۰	۵۵	۱۰۰	۵۲	۵۵	۵۶	۵۹	۵۶	۵۴	۲۴	۲۴	۲۵	۲۸	۲۳
شبهرن	۵۶	۳۲	۲۲	۵۳	۳۰	۲۹	-۷	۲۷	۸	۵۳	۲۲	۵۶	۶۱	۵۹	۵۹	۵۳	۳۹	۵۱	۵۲	۱۰۰	۵۱	۵۲	۵۵	۵۱	۴۸	۲۷	۲۵	۳۰	۳۲	۲۷
شپنا	۶۱	۳۰	۲۸	۵۴	۳۵	۳۰	-۸	۳۲	۸	۵۷	۲۷	۵۷	۶۴	۶۱	۶۱	۵۷	۴۰	۵۳	۵۵	۵۱	۱۰۰	۵۵	۵۸	۵۵	۵۳	۲۷	۲۸	۲۸	۳۱	۲۵
فخوز	۶۳	۲۷	۲۳	۵۵	۳۱	۲۶	-۸	۲۷	۶	۵۸	۲۲	۵۸	۶۵	۶۳	۶۳	۵۹	۴۰	۵۶	۵۶	۵۲	۵۵	۱۰۰	۶۰	۵۷	۵۵	۲۳	۲۴	۲۳	۲۷	۲۲
فملی	۶۶	۲۹	۲۴	۵۷	۳۳	۲۷	-۹	۲۹	۷	۶۱	۲۳	۶۱	۵۹	۶۶	۶۶	۶۲	۴۲	۵۸	۵۹	۵۵	۵۸	۶۰	۱۰۰	۶۰	۵۷	۲۴	۲۵	۲۵	۲۹	۲۳
کچاد	۶۴	۲۶	۲۶	۵۴	۳۴	۲۷	-۸	۳۰	۶	۵۹	۲۵	۵۸	۶۵	۶۲	۶۳	۵۹	۴۰	۵۵	۵۶	۵۱	۵۵	۵۷	۶۰	۱۰۰	۵۷	۲۳	۲۶	۲۳	۲۷	۲۱
کگل	۶۴	۲۳	۳۰	۵۰	۳۶	۲۵	-۸	۳۴	۵	۵۸	۲۷	۵۴	۶۱	۵۹	۵۹	۵۷	۳۸	۵۳	۵۴	۴۸	۵۳	۵۵	۵۷	۵۷	۱۰۰	۲۱	۲۷	۲۰	۲۴	۱۸
حکشتی	۲۵	۳۵	۳۳	۳۱	۳۴	۳۶	۰	۳۶	۱۱	۲۷	۳۲	۲۹	۲۹	۲۶	۲۶	۲۳	۲۲	۲۱	۲۴	۲۷	۲۷	۲۳	۲۴	۲۳	۲۱	۱۰۰	۳۳	۳۸	۳۶	۳۰
خودرو	۳۰	۳۳	۴۷	۲۹	۴۴	۴۰	۰	۵۰	۱۱	۳۰	۴۳	۲۸	۲۸	۲۵	۲۶	۲۴	۲۱	۲۱	۲۴	۲۵	۲۸	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۳۳	۱۰۰	۳۶	۳۵	۲۹
رمپنا	۲۵	۴۲	۳۴	۳۴	۳۴	۴۱	۳	۳۶	۱۳	۲۸	۳۳	۳۲	۳۱	۲۷	۲۸	۲۳	۲۴	۲۲	۲۵	۳۰	۲۸	۲۳	۲۵	۲۳	۲۰	۳۸	۳۶	۱۰۰	۴۳	۳۶
اخابر	۲۹	۴۰	۳۴	۳۶	۳۵	۴۰	-۱	۳۷	۱۲	۳۱	۳۳	۳۵	۳۴	۳۱	۳۲	۲۷	۲۵	۲۶	۲۸	۳۲	۳۱	۲۷	۲۹	۲۷	۲۴	۳۶	۳۵	۴۳	۱۰۰	۳۵
رانفور	۲۳	۳۴	۲۷	۲۹	۲۸	۳۳	۰	۳۰	۱۱	۲۵	۲۶	۲۸	۲۸	۲۵	۲۶	۲۱	۲۱	۲۱	۲۳	۲۷	۲۵	۲۲	۲۳	۲۱	۱۹	۳۰	۲۹	۳۶	۳۵	۱۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

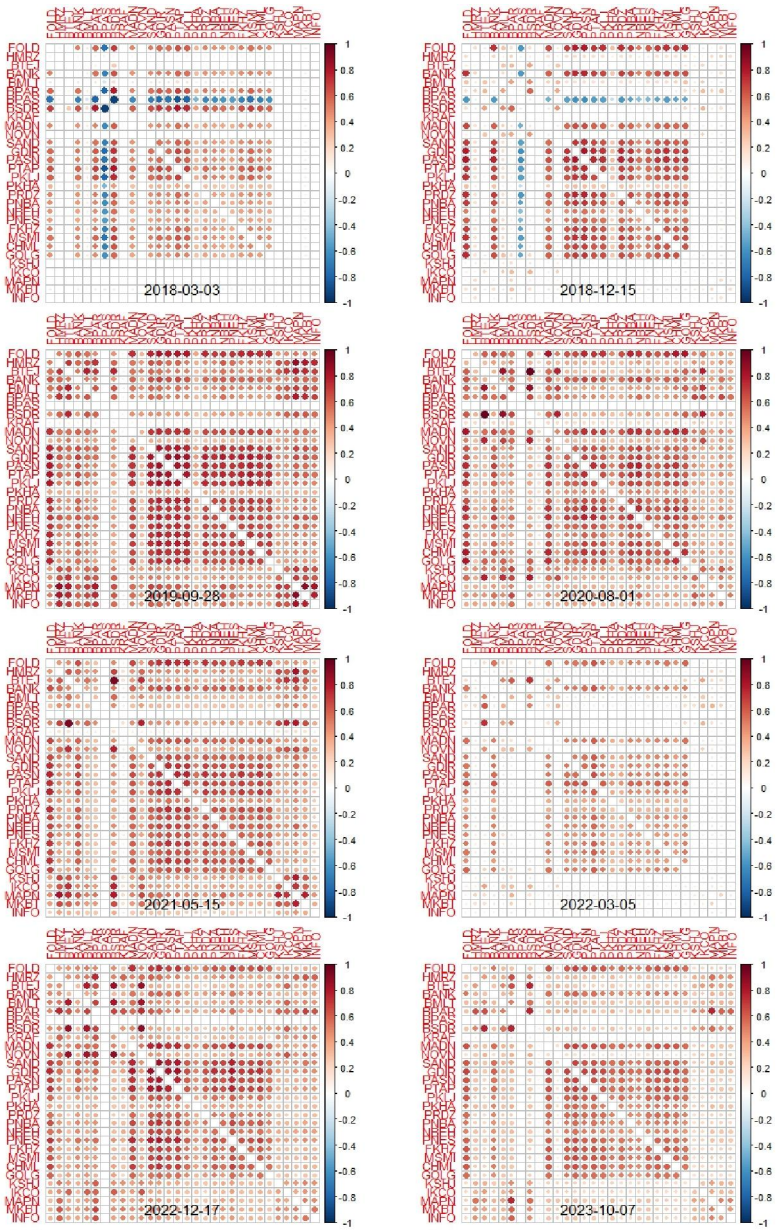
در کنار جدول ۲ که میانگین شدت همبستگی تلاطم بازده سهام شرکت‌های بزرگ بورسی را در طول کل دوره مورد بررسی نشان می‌دهد، شدت همبستگی را می‌توان با ارائه همبستگی پسینی در مقاطع مختلف زمانی نمایش داد. بر این اساس، ماتریس همبستگی پسینی در ۸ مقطع زمانی مختلف با استفاده از دوایر در شکل ۱۱ ترسیم شده است که همبستگی ۱+ به رنگ قرمز تیره و همبستگی ۱- به رنگ آبی تیره به نمایش درآمده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که:

یک- در ابتدای دوره مورد بررسی، بانک پاسارگاد (وپاسار) با اکثر شرکت‌های بزرگ بورسی، همبستگی منفی را تجربه نموده است. هر چند در ادامه، تلاطمات بازده این بانک نیز همسو با سایر شرکت‌های بزرگ بوده است.

دو- قوی‌ترین همبستگی‌های زوجی در اواسط دوره مورد بررسی (تابستان ۱۳۹۸ مقارن با اوت ۲۰۱۹ تا تابستان ۱۳۹۹ مقارن با ژوئیه ۲۰۲۰) اختصاص دارد که بازار سهام کشور، رشد بی‌سابقه‌ای را تجربه نمود.

سه- صرف‌نظر از دوره‌های افتان و خیزان، شرکت‌های فعال در صنایع کامودیتی‌محور صادراتی (فلزات، پالایشی، پتروشیمی و معدن)، بیشترین همبستگی‌های خوشه‌ای را تجربه نموده‌اند.

چهار- تعاملات بخش بانکی و خودرویی با صنایع کامودیتی‌محور صادراتی در اکثر دوره‌ها نسبتاً اندک است. هر چند در گروه بانکی، همبستگی‌های نسبتاً قوی بین بانک‌های تجارت (وتجارت)، صادرات (وبصادر) و ملت (وبملت) مشاهده می‌شود.



شکل ۱۱. ماتریس همبستگی پسین تلاطم بازده ۳۰ سهم در ۸ مقطع زمانی مختلف

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

۵. بحث و نتیجه‌گیری

مقاله حاضر با استفاده از داده‌های هفتگی بازده سهام ۳۰ شرکت بزرگ بورسی طی دوره زمانی ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ تا ۱۴۰۲/۰۷/۱۵ در تلاش برای مدل‌سازی ریسک سهام هر یک از شرکت‌ها است. در این راستا، MFSVM در چارچوب رویکرد فضا-حالت غیرخطی به به منظور تفکیک تلاطمات در بازار سهام به دو جزء تلاطم منحصر به فرد سهام هر شرکت و تلاطم مرتبط با عوامل پنهان و برآورد ماتریس همبستگی پویا بین نوسانات سهام شرکت‌های بزرگ بورسی به کار گرفته شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اولاً سه عامل پنهان وجود دارد. عامل پنهان نخست که به نظر ریشه در رخدادهای بین‌المللی و تحولات دلار دارد، عمدتاً شرکت‌های کامودیتی‌محور صادراتی را متأثر می‌سازد و عوامل پنهان دوم و سوم که به نظر منشأ داخلی دارند، غالباً بر تلاطمات بازده بانک‌ها اثرگذارند. ثانیاً تلاطمات سری‌های زمانی ۳۰ شرکت بزرگ بورسی، رفتار خوشه‌ای و هم‌حرکتی را از خود به نمایش می‌گذارند که در برخی از مقاطع زمانی بر شدت آن افزوده می‌شود. ثالثاً شدت همبستگی تلاطمات بین بازده سهام شرکت‌های مورد بررسی طی زمان افزایش یافته و در ابتدای دوره بررسی، نسبتاً ضعیف بوده و نوعاً محدود به روابط شرکت‌های کامودیتی‌محور صادراتی با یکدیگر است، حال آنکه طی یک روند صعودی، همبستگی‌ها در کل بازار افزایش یافته و در اوت ۲۰۱۹ تا ژوئیه ۲۰۲۰ (شهریور ۱۳۹۸ تا تیر ۱۳۹۹)، به بیشترین مقادیر خود رسیده است اما پس از آن، کاهش یافته است. رابعاً بالاترین همبستگی‌های زوجی پسینی، بین شرکت سرمایه گذاری غدیر(وغدیر) با شرکت‌های سرمایه گذاری نفت و گاز و پتروشیمی تامین(تاپیکو) ، گسترش نفت و گاز پارسیان (پارسان) و فولاد مبارکه اصفهان (فولاد) به ترتیب با (۷۴٪)، (۷۳٪) و (۷۱٪) می‌باشد. همچنین همبستگی فولاد با شرکت‌های پارسان، تاپیکو (هرکدام ۶۹٪) و سپس با فملی و ومعادن (هرکدام ۶۶ ٪) در رتبه بعدی قرار دارد. ضعیف‌ترین همبستگی‌های زوجی متعلق به وپاسار- وغدیر با (۱۰-٪) می باشد. همچنین نماد وپاسار ضعیف‌ترین همبستگی تلاطمات بازده را به طور متوسط با کل شبکه سهام تجربه نموده حدود ۵- درصد بوده است و در مقابل، قوی‌ترین همبستگی‌های زوجی با کل شبکه بازار سهام به نماد وغدیر تعلق دارد که متوسط همبستگی آن ۴۷/۵ درصد بوده است.

با عنایت به اینکه تشکیل یک سبد کارای متنوع از سهام نیازمند آگاهی از رفتار و

همبستگی‌های بین تلاطمات بازده سهام مورد نظر است لذا نتایج پژوهش حاضر می‌تواند درک روشنی درباره تلاطمات بازدهی شبکه سهام شرکت‌های بزرگ بورسی ارائه نموده و در طراحی استراتژی مناسب سرمایه‌گذاری کمک نماید. همچنین، بهینه‌سازی سبد سهام، ارزشگذاری اختیارات و محاسبه ارزش در معرض خطر با به‌کارگیری MFSVM می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی باشد که در فضای پژوهشی داخلی چندان مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

منابع

شاکری، عباس، محمدی، تیمور و ذاکری، زینت (۱۴۰۰). سرایت تلاطم بین بازارهای مالی کشورهای منتخب اسلامی صادرکننده نفت: الگوی تلاطم تصادفی عاملی چند متغیره. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۶(۸۹)، ۳۷-۶۱.

طالبلو، رضا و مهاجری، پریسا (۱۳۹۹). الگوسازی سرایت تلاطم در بازار سهام ایران؛ رویکرد فضا-حالت غیرخطی. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۵(۴)، ۹۶۳-۹۹۰.

طالبلو، رضا و مهاجری، پریسا. (۱۴۰۰). الگوسازی تلاطم در بازارهای دارایی ایران با استفاده از مدل تلاطم تصادفی چند متغیره عاملی. مدلسازی اقتصادسنجی، ۶(۳)، ۶۳-۹۶.

Asai, M., & McAleer, M. (2009). Multivariate stochastic volatility, leverage and news impact surfaces. *The Econometrics Journal*, *12*(2), 292-309.

Asai, M., McAleer, M., & Yu, J. (2006). Multivariate Stochastic Volatility: A Review. *Econometric Reviews*, *25*(2-3), 145-175.

Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, *31*(3), 307-327.

Bollerslev, T., Engle, R. F., & Nelson, D. B. (1994). ARCH models. *Handbook of econometrics*, *4*, 2959-3038.

Bos, C. S. (2011). Relating stochastic volatility estimation methods.

Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 987-1007.

Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., & Rubin, D. B. (1995). *Bayesian data analysis*. Chapman and Hall/CRC.

Harvey, A., Ruiz, E., & Shephard, N. (1994). Multivariate stochastic variance models. *The Review of Economic Studies*, *61*(2), 247-264.

Harvey, A. C., & Shephard, N. (1996). Estimation of an asymmetric stochastic volatility model for asset returns. *Journal of Business & Economic Statistics*, *14*(4), 429-434.

Hosszejni, D., & Kastner, G. (2019). Modeling Univariate and Multivariate Stochastic Volatility in R with stochvol and factorstochvol. *arXiv preprint arXiv:1906.12123*.

Jacquier, E., Polson, N. G., & Rossi, P. (1999). *Stochastic volatility: Univariate and multivariate extensions*. CIRANO.

Kastner, G. (2016). Dealing with Stochastic Volatility in Time Series Using the R Package stochvol. *Journal of Statistical Software*, *69*(5), 1 - 30.

Kastner, G., Frühwirth-Schnatter, S., & Lopes, H. F. (2017). Efficient Bayesian inference for multivariate factor stochastic volatility models. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, *26*(4), 905-917.

Lee, P. M. (2012). *Bayesian Statistics: An Introduction*. Wiley.

Lintner, J. (1969). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets: A reply. *The review of economics and statistics*, 222-224.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The journal of Finance*, *7*(1), 77-91

Nakajima, J. (2017). Bayesian analysis of multivariate stochastic volatility with skew return distribution. *Econometric Reviews*, *36*(5), 546-562.

Poon, S.-H., & Granger, C. W. J. (2003). Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of economic literature*, *41*(2), 478-539.

Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of Finance*, *19*(3), 425-442.

Shephard, N. (1996). Statistical Aspects of ARCH and Stochastic Volatility. In *Time Series Models: In econometrics, finance and other fields* (pp. 1-67). Chapman & Hall.

Speagle, J. S. (2019). A conceptual introduction to Markov chain Monte Carlo methods. *arXiv preprint arXiv:1909.12313*.

Taleblou, R. & Mohajeri, P. (2023). Modeling the Daily Volatility of Oil, Gold, Dollar, Bitcoin and Iranian Stock Markets: An Emprical Application of a Nonlinear Space State Model. *Iranian Economic Review*, 27(3), 1033-1063.

Taylor S, J. (1982). Financial returns modelled by the product of two stochastic processes-A study of daily sugar prices 1961-79. *Time Series Analysis : Theory and Practice*, *1*, 203-226.

Tims, B., & Mahieu, R. (2003). A range-based multivariate model for exchange rate volatility.

Tjelmeland, H., & Hegstad, B. K. (2001). Mode Jumping Proposals in MCMC. *Scandinavian Journal of Statistics*, *28*(1), 205-223.

Triantafyllopoulos, K. (2008). Multivariate stochastic volatility with bayesian dynamic linear models. *Journal of Statistical Planning and Inference*, *138*(4), 1021-1037.

Tse, Y. K., & Tsui, A. K. C. (2002). A multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity model with time-varying correlations. *Journal of Business & Economic Statistics*, *20*(3), 351-362.

van de Schoot, R., Depaoli, S., King, R., Kramer, B., Märtens, K., Tadesse, M. G., Vannucci, M., Gelman, A., Veen, D., & Willemsen, J. (2021).

Bayesian statistics and modelling. *Nature Reviews Methods Primers*, *1*(1), 1.

Yu, J., & Meyer, R. (2004). Multivariate Stochastic Volatility Models: Bayesian Estimation and Model Comparison.