Shahid Beheshti University
Journal of Financial Management Perspective
No. 27, Autumn 2019
PP: 29-50

P-ISSN: 2645-4637
E-ISSN: 2645-4645

Modeling and Comparison of the Distribution Models of Tehran Stock Exchange Index

Ali Rezaian*, Hamidreza Vakilifard, Maryam Khalili Araghi*** Freydon Rahnamay Roodposhti******

Abstract

Study of the Extreme behavior of the Stock Market and the correct pattern of the distribution of returns has an important role in the management of market risk. The current study, based on BMM approach, examines the distribution pattern of return in Tehran Stock Exchange in different time intervals. In order to choose the appropriate model in different time series, L-Moment ratio diagram was used. Then, by using the calculation of parameters of the selected models based on the approach of Maximum likelihood, the conformity and selection of appropriate model in each time interval was performed based on AD test. To model the distribution of patterns of total market returns, the total stock index data of 2004-2016 was used and the basis of the performed calculation has the log of daily return of Tehran stock exchange. The results indicated that among the examined model, GL model in annual time interval and in minimum series, and GEV model in other time intervals of minimum and maximum series had a better performance.

Keywords: Extreme Value Theory, Management of Market Risk, Daily Extreme Returns.

Received: 2018.July.02, Accepted: 2018. September.11.

*PhD. Candidate in Financial Management, Faculty of Management and Economic, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran.

**Associate Prof, Faculty of Management and Economic, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran. (corresponding author) E-mail: H-Vakilifard@srbiau.ac.ir

***Assistant Prof, Faculty of Management and Economic, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran,

****Professor, Faculty of Management and Economic, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran.

دانشگاه شهیدبهشتی
نشریه چشم‌انداز مدیریت مالی
شماره ۲۷ ـ پاییز ۱۳۹۸
ص‌ص ۵۰ ـ ۲۹

شاپای چاپی: ۴۶۳۷- ۲۶۴۵
شاپای الکترونیکی: ۴۶۴۵- ۲۶۴۵

الگوسازی و مقایسه مدل‌های توزیع شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران

علی رضائیان *، حمیدرضا وکیلی‌فرد **، مریم خلیلی عراقی *، فریدون رهنمای رودپشتی ******

چکیده

بررسی رفتار حدی بازار سهام و الگوسازی صحیح شکل توزیع بازده کل بازار نقش مهمی در مدیریت ریسک بازار دارد. در پژوهش حاضر، الگوی توزیع بازده‌های حدی بورس اوراق بهادار تهران بر اساس رویکرد ماکزیمم بلوک‌ها و در فواصل متفاوت زمانی مورد بررسی قرار گرفت. جهت انتخاب مدل مناسب در سری‌های زمانی متفاوت از نمودار نسبت ال-مومنت(شاخص گشتاوری) استفاده گردید و سپس با استفاده از محاسبه پارامترهای مدل‌های انتخاب شده بر اساس روش حداکثر درست نمایی، نسبت به مطابقت و انتخاب مدل مناسب در هر فاصله زمانی بر اساس آزمون اندرسون دارلینگ اقدام گردید. به منظور الگوسازی توزیع بازده کل بازار از داده‌های شاخص کل بورس از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ استفاده شده و پایه محاسبات انجام شده نیز لگاریتم بازده روزانه بورس تهران بوده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که از بین مدل‌های مورد بررسی، مدل GL در فواصل زمانی سالانه سری‌های حداقل و مدل GEV در سایر فواصل زمانی سری‌های حداقل و حداکثر عملکرد بهتری دارد.

کلیدواژه‌ها: تئوری مقادیر حدی، مدیریت ریسک بازار، بازده حدی روزانه.

تاریخ دریافت مقاله۱۳۹۷/۰۴/۱۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۰.

*دانشجوی دکتری مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
**دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد, واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
E-mail: H-Vakilifard@srbiau.ac.ir
***استادیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
**** استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۱. مقدمه

تغییر ساختار و ماهیت بازارهای مالی طی سال‌های اخیر باعث شده است که ابزارها و روش‌های اندازه‌گیری و مدل‌سازی توزیع بازده مالی و مدیریت ریسک مرتبط با آن نیز تغییر کند و از پیچیدگی خاصی برخوردار شود. یکی از زیربناهای اصلی توسعه مدل‌های جدید، مدل‌سازی و الگوسازی ساختار وابستگی توزیع بازده دارایی‌های مالی است؛ به‌عبارت‌دیگر از مهم‌ترین چالش‌های اساسی در بحث ریسک، تعیین تابع توزیع مناسب دارایی‌های مالی است؛ بنابراین تأکید مدیریت ریسک از تخمین ریسک بر پایه توزیع کامل بازده که دارای مفروضات غیرواقعی در مورد شکل توزیع است، به تمرکز بر مقادیر حدی بازده تغییر یافته است؛ به بیان دیگر به‌منظور مطالعه آماری سری‌های زمانی مالی، تمرکز و تأکید بر توزیع‌های آماری متقارن سنتی با گشتاورهای متناهی کفایت نمی‌کند و که قابل‌چشم‌پوشی نیست، دنباله‌های توزیع آماری (مقادیر حدی) است. در صورتی که پس از بررسی شکل توزیع، غیرنرمال‌بودن آن مشخص شود، نوع متغیرها و شیوه به‌کارگیری آن‌ها در مدل‌های متفاوت آماری چالشی اساسی است. به همین دلیل نوع توزیع آماری مطابق با شکل توزیع باید مشخص باشد. به اعتقاد برخی از پژوهشگران، بررسی شکل ساختار توزیعی بین سری‌های زمانی مختلف امر جدیدی نیست؛ اما ابزارهای مورداستفاده برای این هدف همیشه مناسب نیستند [۴]. اشکال عمده‌ای که در ارزیابی وابستگی ساختار دنباله توزیع با استفاده از مدل‌های مختلف آماری وجود دارد این است که مشخص نیست شکل توزیع آماری با کدام یک از مدل‌های رایج ارزیابی ریسک مطابقت دارد؛ بنابراین مشخص‌کردن مدل توزیع آماری مطابق با شکل توزیع دارای اهمیت زیادی است.

یکی از موارد مهمی که در مبانی نظری مالی کمتر به آن اشاره شده است، توافق و اجماع نظری در مورد شکل توزیع بازده‌ها و تفاوت توان تبیین مدل‌های چندمتغیره «نظریه مقادیر حدی»[1] در فواصل زمانی مختلف است. در پژوهش حاضر به‌منظور برازش و انتخاب مدل‌های توزیع مقادیر حدی شاخص کل «بورس اوراق بهادار تهران» از نمودار نسبت ال–مومنت (شاخص گشتاوری) که در بسیاری از علوم کاربرد دارد، استفاده شده است. ویژگی مهم این روش علمی آن است که به پژوهشگر کمک می‌کند تا مدل‌های توزیع مناسب را به‌منظور برآورد شاخص‌های آماری بر اساس یک روش گرافیکی انتخاب کند؛ بنابراین قبل از استفاده از مدل مناسب توزیع بازده کل و محاسبه ریسک و زیان بازار بر اساس کاربرد هر یک از مدل‌ها، باید کفایت آن در سری‌های زمانی مختلف بررسی شود. استفاده از مقادیر حدی و نظریه مقادیر حدی بر این اساس است که به تشریح این مسئله بپردازد که چه توزیع‌های آماری برازنده داده‌های حدی در «بورس اوراق بهادار تهران» است؟ برای پاسخ به این سؤال از اطلاعات شاخص کل بورس تهران در فاصله سال‌های ۱۳۸۴ تا

1- Multivariate Extreme Value Models

۱۳۹۵ استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون در ایران هیچ پژوهشی به این موضوع نپرداخته است. با توجه به اینکه کارشناسان و تحلیل‌گران بازار سرمایه با مشکل انتخاب روش مناسب اندازه‌گیری و یا برآورد وابستگی دنباله توزیع داده‌های مالی و از جمله شاخص کل بازار مواجه هستند، سؤال‌های اصلی پژوهش حاضر این است که آیا مدل مناسب شکل واقعی توزیع بازده لگاریتمی شاخص کل «بورس اوراق بهادار تهران» قابل‌تشخیص است یا خیر؟ و اینکه بازده حدی شاخص کل «بورس اوراق بهادار تهران» در فواصل زمانی متفاوت با کدام یک از مدل‌های توزیع حدی مطابقت دارد؟ و سرانجام اینکه آیا برآورد پارامترهای مدل‌های انتخاب‌شده با تغییر فاصله زمانی بهبود می‌یابد یا خیر؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

اندازه‌گیری ریسک، کمّی‌کردن آن و مدل‌سازی توزیع زیان‌های حدی از چالش‌های قدیمی است که ذهن بسیاری از دانشمندان، مدیران و سیاست‌گذاران را به خود جلب کرده است. نگاهی تاریخی به پیشینه مدل‌های آماری برآورد ریسک مالی در سرمایه‌گذاری نشان‌دهنده تغییرات مستمر نگرش‌ها و دیدگاه‌ها در این زمینه است. بررسی مبانی نظری موضوع و پژوهش‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که در غالب بازارها، بررسی شکل توزیع بازده دارایی‌های مالی و برآورد پارامترهای مدل متناسب شکل توزیع در مدیریت مناسب ریسک و کنترل نوسانات آن نقش زیادی دارد. رویکردها و مدل‌های مختلف آماری نیز به‌منظور مدل‌سازی توزیع داده‌های مالی به کار رفته است؛ اما بی‌شک، ارائه یک مدل توزیع آماری مناسب به‌منظور برآورد پارامترهای ریسک، پژوهش‌های گسترده‌ای را به خود اختصاص داده است. در هر یک از این پژوهش‌ها پیش‌فرض‌ها و مفروضات خاصی وجود دارد و بر پایه این مفروضات مشخص نیز مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک متفاوتی نیز مطرح شده است. از دهه ۱۹۶۰ تاکنون پژوهشگران بسیاری به مسئله محاسبه کمّی ریسک دارایی‌های مالی توجه کرده‌اند و همواره با مدل‌سازی و آزمون مدل‌های موجود درصدد آزمون کارایی این مدل‌ها برآمده‌اند. از سال ۱۹۲۸ پژوهشگران حوزه مالی از جمله فیشر و تیپت و در سال‌های بعد پژوهشگرانی مانند گندکو (۱۹۴۳)، بیان کردند که با استفاده از محاسبه ماکزیمم بلوک‌ها می‌توان مدل‌سازی مقادیر حداکثر هر بلوک را بر اساس یکی از توزیع‌های گامبل، فریشه و ویبول[1] انجام داد [۹، ۳۲]. از آن زمان، اشکال مختلفی از تخمین‌زن‌ها (به‌ویژه ناپارامتریک) توسط پژهشگران به کار رفته است است. مرور مبانی نظری مالی تاریخی نشان می‌دهد که فرض اصلی بر آن است که بازده مجموعه بازار از یک توزیع گوسی تبعیت می‌کند. برای مثال در مطالعات مارکوئیتز (۱۹۵۲) و شارپ (۱۹۶۴)، فرض نرمال‌بودن بازده سهام در نظر گرفته شده است [۱۸،

1. Gumbel, frechet and weibull

۲۹]. بلک و شولز (۱۹۷۳) و مرتون (۱۹۷۳)، نیز فرض کردند که قیمت سهام از حرکت براونی هندسی در مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله پیروی می‌کند [۳، ۱۹]. درنظرگرفتن فرض نرمال‌بودن دلالت بر آن دارد که توزیع بازده سهام متقارن است که البته این امر ممکن است برای داده‌های با چولگی راست و چپ غیرواقعی باشد. در طول دهه‌های گذشته، مبانی مربوط به پژوهش مدل‌های آماری برای تشریح و پیش‌بینی ریسک مالی، توسعه خیره‌کننده‌ای داشته است. دلیل این امر احتمالاً از نیاز مدیران مالی و مدیران ریسک در جهت انتخاب مناسب‌ترین مدل مدیریت سرمایه‌گذاری ناشی می‌شود. رشد مدل‌های آماری در طول سال‌های متمادی نشان می‌دهد، زمانی که نرمال‌بودن و تقارن توزیع بازده‌های مالی موردتردید باشد، استفاده از واریانس به‌عنوان شاخص‌های ریسک و به‌تبع آن چارچوب میانگین–واریانس منطقی و موجه به نظر نمی‌رسد.

بسیاری از مدل‌های آماری طراحی‌شده برای اندازه‌گیری ریسک و نوسان بازده کل بازار بر اساس کل داده‌های مورد مطالعه طراحی شده‌اند. یکی از ضعف‌های اصلی مدل‌های سنتی سنجش ریسک، درنظرگرفتن نوسانات مثبت و منفی و درنظرگرفتن کل دامنه توزیع بازده دارایی است که با توجه به مفروضات غیرواقعی در مورد شکل توزیع بازده، کارآمدی نتایج آن‌ها نیز محل اشکال است. بر این اساس، در مدل‌های تاریخی، مشاهداتی که در مرکز توزیع داده‌ها قرار دارند و عمدتاً پرتعداد هستند در انتخاب مدل آماری تأثیر بیشتری نسبت به داده‌های کم‌تعداد حاشیه توزیع خواهند داشت. واضح است که مدل‌های انتخاب‌شده بر این اساس برای داده‌های پرتکرار تقریب خوبی ارائه می‌دهند؛ ولی در خصوص داده‌های ناشی از رویدادهای دنباله‌دار و کمیاب دارای دقت کافی نیستند. وقوع بحران‌های مالی، جهش‌های قیمتی ناگهانی و سقوط برخی بازارهای مالی به‌دنبال رویدادهایی رخ داده‌اند که آنقدر تکرارپذیر و دارای توالی نیستند که بتوانند در توزیع تجربی تغییرات قیمت‌ها و بازده‌ها نقشی را ایفا کنند و به نظر می‌رسد که توزیع این مقادیر حدی به‌طرز درستی بررسی و مدل‌سازی نشده است که بتواند از وقوع یا تکرار اینگونه موارد جلوگیری کند [۱۴]. به همین دلیل پیش‌بینی احتمال رخداد این گونه تغییرات و تخمین زیان ناشی از این موارد نادر به‌منظور مدیریت کارآمد ریسک، بسیار ضروری بوده و موجب توسعه مدل‌های آماری جدیدی در این زمینه شده است؛ بنابراین تلاش‌ها در جهت تبدیل محاسبات سنتی موجب توسعه درک مفهوم ریسک شده است و علم آمار بیشترین نگرانی مدیران ریسک در مورد رویدادهای مالی غیرمنتظره را مربوط به دنباله توزیع بازده می‌داند که در بیشتر پژوهش‌های صورت‌گرفته به ریسک نامطلوب و ریسک دنباله پهن اشاره شده است [۲۴].

الگوسازی درست شکل توزیع دارایی‌های مالی از اهمیت زیادی برخوردار است. از چند دهه گذشته مدل‌های مختلفی به‌منظور الگوسازی ساختار توزیع دارایی‌ها و نیز برآورد ریسک مرتبط با آن مطرح شده است که در یک طبقه‌بندی کلی به مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک قابل‌تقسیم

هستند. از جمله مدل‌ها و نظریه‌های مطرح در بررسی شکل توزیع، مدل‌های مربوط به «نظریه مقادیر حدی» است. وقوع بحران‌های اقتصادی و مالی و ریزش‌های ناگهانی در بازارها و رکودهای اقتصادی طی چند سال اخیر، لزوم توجه به مقادیر حدی را بیشتر کرده است. به همین دلیل، این مدل‌ها، اهمیت داده‌های حدی و مقادیری که در دامنه توزیع آماری واقع شده‌اند را مشخص می‌کنند. اهمیت انجام این پژوهش و استفاده از نظریه مقادیر حدی و مدل‌های توزیع چندمتغیره در بررسی توزیع شاخص کل در چند دلیل خاص قابل‌اشاره است: نخست و مهم‌تر از هر چیزی این است که برای مدیران ریسک و سرمایه‌گذاری، جوامع دانشگاهی و ناظرین بازار مالی بسیار مهم است که نسبت به توزیعی که بهترین توصیف را از بازده‌های حدی «بورس اوراق بهادار تهران» ارائه می‌کند، فهم و دانش مناسبی داشته باشند؛ به‌عبارت‌دیگر برای بسیاری از فعالان و تحلیل‌گران بازار مالی، دانستن نوع مدل توزیع مقادیر حدی و نوع ساختار توزیع مقادیر حدی (مثبت و منفی) می‌تواند در امر تحلیل زمانی مناسب ریسک کل بازار و انتخاب رویکرد مناسب سرمایه-گذاری و تصمیم‌های تأمین مالی مؤثر باشد؛ بنابراین انجام این پژوهش، دانش جدیدی در زمینه مطالعه مقادیر حدی شاخص کل «بورس اوراق بهادار تهران» به مبانی نظری مالی اضافه می‌کند؛ چراکه تاکنون پژوهشی که شکل توزیع شاخص کل بورس را بر اساس مدل ال–مومنت (شاخص گشتاوری) و در سری‌های زمانی متفاوت مطالعه کرده باشد، صورت نگرفته است؛ دوم اینکه بسیاری از سرمایه‌گذاران و فعالان بازار سرمایه (شرکت‌های فعال در حوزه‌ی بازار سرمایه) اطلاع چندانی از شکل واقعی توزیع بازده‌های حدی «بورس اوراق بهادار تهران» ندارند؛ زیرا معمولاً آن‌ها رفتار و تصمیم‌های خود را بر پایه توزیع نرمال بازده که پیش‌فرض نامناسبی است، اتخاذ می‌کنند. استفاده از الگوسازی توزیع مقادیر حدی بازده سهام کمک مؤثری در بهبود مدیریت ریسک بازار سرمایه به‌شمار می‌آید و بنابراین اندازه‌گیری و ارزیابی ریسک می‌تواند بر اساس مدل‌های توزیع انتخاب‌شده بر اساس روش‌های نوین علمی صورت گیرد؛ البته در صورتی که بتوان مدل توزیع بازدهی را با استفاده از روش های آماری دقیق مشخص کرد، تخمین پارامترهای مدل‌های توزیع دقیق‌تر صورت می‌پذیرد و این امر می‌تواند در مدیریت ریسک حدی بازار مؤثر باشد.

از جمله دستاوردهای موردانتظار پژوهش حاضر آن است که چون مدیریت ریسک در مواجهه با رویدادها و مقادیر حدی مشکلات زیادی دارد، اگر بتوان با انتخاب روشی دقیق، مدل توزیع و ساختار مقادیر حدی را در بلوک‌های زمانی مختلف به‌درستی تشخیص داد، می‌توان نسبت به نتایج مقادیر ریسک به‌دست‌آمده نیز اطمینان بیشتری داشت. انتظار می‌رود که مسیر انتخاب‌شده در این پژوهش درنهایت به انتخاب مدل‌های توزیع مقادیر حدی (مثبت و منفی) و مقایسه پارامترهای هر مدل بر اساس آزمون‌های آماری مناسب منتهی شود. بسیاری از پژوهشگران مالی بر اساس اهداف کاربردی که دنبال می‌کنند، علاقمند هستند تا با استفاده از مدل‌های چندمتغیره آماری، رفتار دنباله

بازده مالی بازار را مدل‌سازی کنند. در پژوهش حاضر نیز این هدف بر اساس انتخاب مدل توزیع مناسب و در فواصل متفاوت زمانی صورت پذیرفته است. مبانی نظری موضوع نشان می‌دهد که مدل بررسی توزیع بازده حدی اوراق بهادار در بازارهای مختلف، متفاوت و متغیر است که این امر می‌تواند به محیط اقتصادی مختلف و نیز سازوکار کلی هر بازار بستگی داشته باشد. از میان مدل‌های مختلف پارامتریک و ناپارامتریک مختلف در بررسی و تعیین ساختار وابستگی دنباله توزیع، استفاده از تخمین‌زن‌های ناپارامتریک، به‌دلیل آنکه هیچ فرضی در مورد داده‌های مورد استفاده ندارند، بسیار مفید است [۳۰]. یکی از موارد مهمی که در مبانی نظری موضوع در بازار سهام کشور به آن اشاره نشده، الگوسازی و تفاوت تبیین مدل‌های چندمتغیره از جمله GEV[1]، GL[2]، GPD[3]، N[4] و گامبل[5] در فواصل زمانی مختلف است. به‌طورکلی در بازارهای مالی با ریسک بالا درجه‌ای از خودهمبستگی وجود دارد که نمی‌توان آن را از طریق مدل‌های ساده بیان کرد. لی و سو (۲۰۱۲)، نیز نشان دادند که عملکرد کلی مدل‌های چندمتغیره در ارزیابی ریسک، بهتر از مدل‌های یک‌متغیره است [۱۶]. به‌صورت عمومی، در مباحث مالی و سرمایه‌گذاری، این امر پذیرفته شده است که بازده سهام، بیشتر از اینکه به‌شکل نرمال توزیع شده باشد، گرایش به دنباله پهن دارد. به همین دلیل در این پژوهش مدل توزیع مقادیر حدی و رفتار دنباله توزیع بازده کل بر اساس نظریه مقادیر حدی و روش کاربردی ال–مومنت بررسی شده است. یکی از علت‌های اصلی استفاده از مدل‌های توزیع مقادیر حدی در پژوهش حاضر از این واقعیت ناشی می‌شود که استفاده از این‌گونه مدل‌های توزیع آماری در داده‌های دارای چولگی و کشیدگی مناسب‌تر بوده و از پشتوانه پژوهشی بالایی نیز برخوردار است.

مدل‌سازی رویدادها و مقادیر حدی، موضوع اصلی نظریه مقادیر حدی است. پیشینه کاربردی این نظریه به پژوهش‌های فیشر و تیپت (۱۹۲۸) و گندکو و گامبل (۱۹۴۳)، برمی‌گردد که با استفاده از رویکرد حداکثر مقادیر به مدل‌سازی این مقادیر حدی پرداختند. بالکما و همکاران (۱۹۷۴) نیز با استفاده از رویکرد مقادیر حدی فراتر از آستانه به مدل‌سازی ریسک نامطلوب اقدام کردند [۳۲]. لانجین (۱۹۹۶)، یکی از نخستین پژوهشگرانی است که برای کمّی‌سازی رفتار حدی بازدهی اقدام کرد. تا قبل از این، بازدهی حدی به‌عنوان «مشاهدات دورافتاده» حذف می‌شد. وی توانست با استفاده از نظریه مقادیر حدی (EVT[1])، توزیع آماری کمینه‌ها و بیشینه‌های بازدهی را تخمین بزند. دنباله‌پهن‌بودن سری‌های زمانی مالی و تبعیت از الگوی خاص توزیعی در طول زمان نیز جزو نتایج

1.Generalized Extreme value
2. Generalized Logistic
3. Generalized Pareto distribution
4 .Gumbel
5 .Normal
1. Extreme Value Theory

پژوهش وی به‌شمار می‌رود [۱۷]. در پژوهشی کاربردی، مک‌نیل و فری (۲۰۰۰)، نوسانات تصادفی را در چارچوب مدل‌های ارزشی حدی وارد کردند تا برآوردهای معیار ریسک را بهبود دهند [۲۰]. پس از آن، پژوهش‌های زیادی در ارتباط با شکل توزیع بازده بازار سهام در کشورهای مختلف صورت گرفت. مطالعاتی که توسط پژوهشگران مختلف و از جمله تحلیل جنسی و سلکاک (۲۰۰۴)، صورت گرفت، نشان می‌دهد که نوسانات حدی بازده سهام در آمریکا با استفاده از توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته قابل‌بررسی و تشخیص است که این امر می‌تواند در محاسبه VaR و الزامات سرمایه‌ای مورداستفاده قرار گیرد [۹]. گتنبی و همکاران (۲۰۰۶)،بیان کردند که توزیع تعمیم‌یافته لجستیک با بازده حدی روزانه سهام در آمریکا، انگلیس و ژاپن بهتر مطابقت دارد. نتیجه این پژوهش با پژوهش هایی که قبلاً با استفاده از مدل توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته انجام شده بود در تضاد است [۱۰]. در یک پژئعش علمی و مقایسه‌ای، عاصف (۲۰۰۹)، ساختار توزیع شاخص بورس کشورهای مصر، اردن، مراکش و ترکیه را با استقاده از نظریه مقادیر حدی مقایسه کرد. نتایج پژوهش وی نشان داد که بازده شاخص‌ها در هر چهار کشور موردبررسی، توزیعی با دنباله پهن دارند. وی در پژوهش خود برای محاسبه پارامترهای مدل‌های حدی از برآوردگر هیل استفاده کرده است [۲]. تولیکاس و گتنبی (۲۰۰۹)، بازده‌های حدی سهام در بورس سنگاپور را مدل‌سازی کردند و نشان دادند که توزیع لجستیک، بهترین توزیع سازگار با بازده حدی روزانه سهام در سنگاپور است [۳۲]. تسی و چن (۲۰۱۱)، با استفاده از مدل‌های توزیع حدی، وجود توزیع‌هایی با دنباله پهن را در بازار سهام کشورهای آسیایی بررسی کردند. بازه زمانی شاخص بورس در پژوهش آن‌ها برای همه کشورها یکسان و از ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹ در نظر گرفته شد. در پژوهش آن‌ها علی‌رغم تفاوت توسعه‌یافتگی کشورهای آسیایی، ویژگی‌های یکسانی برای بازدهی شاخص این کشورها یافت شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که توزیع بازده شاخص کشورهای آسیایی دارای دنباله پهن است [۳۱]. حسنی حسن و همکاران (۲۰۱۲)، در یک پژوهش تجربی، توزیع بازده‌های حدی سهام مالزی را با استفاده از توزیع GEV مدل‌سازی کردند. آن‌ها به‌منظور ارزیابی ایستایی مدل از آزمون‌های دیکی–فولر و فیلیپس–برون استفاده کردند. نکته قابل‌تأمل این بود که آزمون من‌کندال روند یکنواختی برای توزیع های حدی در فواصل زمانی مختلف نشان داد. آن‌ها به‌منظور انتخاب بهترین مدل توزیع از آزمون نسبت حداکثر درست‌نمایی استفاده کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در فواصل زمانی سالانه انطباق سری‌های زمانی با مدل GEV بیشتر بوده است [۱۱]. در یک پژوهش علمی، کلوین و مانگاتو (۲۰۱۶)، داده‌های حدی بورس‌های شرق آفریقا و به‌ویژه کنیا را بر اساس نظریه مقادیر حدی در دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ بررسی کردند. هدف آن‌ها یافتن مدلی بود که با داده‌های حدی بازده روزانه سهام مطابقت بیشتری داشته باشد. آن‌ها برای محاسبه داده‌های حدی از روش فراتر از آستانه (POT) و برای محاسبه پارامترهای مدل‌های موردبررسی نیز از روش

حداکثر درست‌نمایی استفاده کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که مدل‌های نوع GARCH بر اساس روش گرافیکی Q-Q در ارزیابی مدل‌ها، مطابقت بیشتری با داده‌های حدی در بورس کنیا دارند [۱۵]. در پژوهشی دیگر حسین سایفال و استیون لی (۲۰۱۵)، با استفاده از سه روش مقدار حدی تعمیم‌یافته، لجستیک تعمیم‌یافته و توزیع تعمیم‌یافته پارتو، بازده شاخص سهام شانگ‌های را مدل‌سازی کردند. بازه زمانی مورداستفاده در پژوهش آن‌ها از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۳ بود و پارامترهای هر توزیع با استفاده از روش قدرت موزون محاسبه شد. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که برای سری‌های حداقل، توزیع لجستیک تعمیم‌یافته و برای سری‌های حداکثر، توزیع مقدار حدی تعمیم‌یافته مناسب‌تر است. یافته‌های این پژوهش با نتایجی که از سایر پژوهش‌ها در آمریکا و سنگاپور به‌دست آمده بود، متناقض است [۲۸]. طی چند سال اخیر توجه به مدل‌های چندمتغیره، به‌دلیل انعطاف در مواجهه با انواع مختلف داده‌ها، مانند مدل‌هایGARCH و کاپولاها افزایش یافته شده است. مدل‌های چندمتغیره، برعکس مدل‌های پیشین، پیش‌فرض خاصی در مورد شکل توزیع خاص داده‌ها ندارند؛ بلکه اجازه می‌دهند که داده‌ها، برازشی را برای دنباله‌های توزیع تعیین کنند. مورا و همکاران (۲۰۱۷)، با استفاده از داده‌های روزانه ۱۰ سال ۲۰۰۲ – ۲۰۱۳ و با استفاده از مدل‌های چندمتغیره مانند AR-GARCH به مدل‌سازی بازده اوراق بهادار و نیز انتخاب سبد سهام مناسب پرداختند [۲۱]. هیکیلا و همکاران (۲۰۱۷)، با استفاده از مدل چندمتغیره هیل که اخیراً توسط دامینیسی و همکاران (۲۰۱۵)، مطرح شده است، شاخص مقدار حدی را بررسی کردند. این مدل هم برای مقادیر حدی مثبت و هم مقادیر حدی منفی کاربرد دارد [۱۲]. در ایران تاکنون پژوهشی که بازده حدی «بورس اوراق بهادار تهران» را در فواصل زمانی مختلف برای تطبیق با مدل‌های چندمتغیره بررسی کرده باشد، انجام نشده است؛ اما در مورد کاربرد مدل‌های مقادیر حدی پژوهش‌های محدودی صورت گرفته است. نوروززاده (۱۳۸۵) در پژوهشی با عنوان «مدلسازی دم‌های تابع توزیع بازده‌های شاخص بورس تهران» با معرفی توزیع‌های سوی پایدار و استفاده از رهیافت تخمین‌زن هیل و برآورد مقادیر فراتر از آستانه به این نتیجه رسید که توزیع لگاریتم بازده در بورس تهران دنباله پهن است [۲۳]. یاراحمدی (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان «برآورد ارزش در معرض ریسک با استفاده از تئوری مقادیر حدی در بورس اوراق بهادار تهران»، دنباله تابع توزیع بازده بورس (شاخص قیمت و بازده نقدی و شاخص صنعت) در دو بازه زمانی مختلف را بررسی کرد و وجود دنباله پهن را موردآزمون قرار داد. نتایج نظریه تعمیم‌یافته مقادیر حدی (GEV) نشان‌دهنده وجود دنباله پهن در توزیع بازده سهام برای دو شاخص در هر دو بازه زمانی موردبررسی است [۳۳]. در پژوهشی کاربردی، رستمی و حقیقی (۱۳۹۲)، از مدل‌های چندمتغیره GARCH به‌منظور مقایسه شاخص‌های هفتگی سه شاخص TEPIX، KLSE وXu۱۰۰ در یک بازه زمانی

۱۰ساله استفاده کردند. در این پژوهش، مدل‌هایCCC، DCC تز و تسو[1]و DECO-GARCH، مقایسه شدند و پس از تأیید کفایت مدل‌ها، ریسک شاخص‌های مختلف موردمقایسه قرار گرفت. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مناسب‌ترین مدل تخمین ریسک، مدل‌های GARCH هستند [۲۷]. راعی و نبی‌زاده (۱۳۹۲)، توزیع بازده سهام در بورس تهران را بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ بر اساس روش R/S موردآزمون قرار دادند. آن‌ها با استفاده از تخمین‌نمای هرس و معیار اندرسون دارلینگ، توزیع ۲۲ شرکت فعال در بورس را بررسی کردند. نتایج نشان داد که از میان شرکت‌های موردبررسی، ۹ نماد معاملاتی دارای توزیع پایدار بودند [۲۶]. فلاح طلب و عزیزی (۱۳۹۳)، نیز از رویکرد نوین نظریه مقدار حدی به‌منظور محاسبه ریسک شاخص «بورس اوراق بهادار تهران» استفاده کردند. آن‌ها در پژوهش خود برای محاسبه مقدار آستانه بهینه از شکل هیل استفاده کردند. نتایج نشان داد که توزیع واقعی بازده شاخص بورس تهران دنباله‌پهن است و کشیدگی مازاد زیادی دارد [۸]. فلاح‌پور و فیض‌الله (۱۳۹۵)، با استفاده از مدل وابستگی دنباله پایین و استفاده از مقادیر حدی، ساختار وابستگی عملکرد قیمت سهام و شاخص بورس اوراق بهادار را بررسی کردند. بازه زمانی پژوهش آن‌ها از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۳ بود و معیارهای مختلف ریسک، مانند کای، بتا و تاو مورد بررسی و آزمون قرار گرفت [۶]. فلاح شمس و غضنفری (۱۳۹۵)، به بررسی ریسک نامطلوب (مقادیر حدی) و بازده اضافی در «بورس اوراق بهادار تهران» پرداختند و وجود رابطه مثبت بین مدل‌های مقادیر حدی بر اساس روش GRACH، AR و بازده اضافی مدل چهار عامله کارهارت را در دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲ تأیید کردند [۷].

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر، ماهیتی کاربردی دارد و روش مورداستفاده از نوع تحلیل وابستگی رفتار دنباله توزیع چندمتغیره است؛ به‌عبارت‌دیگر در پژوهش حاضر خاصیت دنباله‌پهن‌بودن داده‌های بازده لگاریتمی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و تغییر نتایج مدهای توزیع آماری مقادیر حدی (حداقل و حداکثر)، با استفاده از مدل‌های مختلف و در فواصل زمانی متفاوت بررسی خواهد شد. از نظر بُعد زمانی و بازه زمانی داده‌ها، پژوهش طولی (سری زمانی) است. در تخمین پارامترهای مدل‌های مورداستفاده می‌توان از روش‌های مختلفی از جمله حداکثر درست‌نمایی، رگرسیون، میانگین موزون، گشتاورها و غیره استفاده کرد که در پژوهش حاضر از روش حداکثر درست‌نمایی (ML[1]) در برآورد پارامترهای مدل‌های انتخاب شده استفاده شده است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی میزان کارایی و دقت مدل‌های انتخاب‌شده در برآورد پارامترهای آماری، در فواصل زمانی

1. Tse and Tsui
1. Maximum Likelihood

مختلف است. پرسش کلیدی در پژوهش حاضر این است که آیا با کاهش فاصله زمانی، نتایج حاصل از مدل‌های توزیع مقادیر حدی تغییر می‌کند یا خیر؟

با توجه به اینکه این پژوهش به دنبال مطالعه رفتار حدی بازده شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران است، فارغ از روش‌های معمول تعریف جامعه آماری و حجم نمونه، در این پژوهش از سری‌های زمانی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران (TEPIX) در فاصله زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ (۱۳۸ ماه و ۳۰۳۶ روز معاملاتی) استفاده شده است. به‌منظور جمع‌آوری داده‌های مربوط به مبانی نظری پژوهش از روش کتابخانه‌ای و جست‌وجوی اطلاعات استفاده شده است. جمع‌آوری داده‌های آماری پژوهش نیز از طریق پایگاه داده شرکت فناوری بورس تهران و شرکت اطلاع‌رسانی بورس تهران صورت گرفته است. پس از اینکه داده‌های خام اولیه مربوط به شاخص کل بورس به‌صورت روزانه استخراج شد، بازده کل بازار بر اساس رابطه ۱، برای استفاده در مدل‌های توزیع مقادیر حدی به‌دست آمد.

$$R_t = \text{Ln}\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \text{Ln}\,(P_t) - \text{Ln}\,(P_{t-1}) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه ۱، P_t شاخص کل بورس در زمان t، P_{t-1} شاخص کل بورس در زمان t-1 و R_t نشان‌دهنده بازده کل به‌دست‌آمده در زمان t است؛ بنابراین واحد پایه تحلیل در این پژوهش، بازده لگاریتمی بازار سهام است.

گام‌های انجام پژوهش. در پژوهش حاضر رویه خاصی به‌منظور الگوسازی رفتار حدی بازده کل بورس در نظر گرفته شده که در این رویه جنبه‌های مختلف الگوسازی ادغام شده است: پالایش و محاسبه لگاریتم بازده روزانه؛ تعیین مقادیر حدی مثبت و منفی در بلوک‌های مختلف؛ محاسبه پارامترهای نمودار ال–مومنت برای ترسیم محورهای آن؛ ترسیم مقادیر حدی در نمودار نسبت ال–مومنت؛ مشخص‌کردن مدل توزیع مناسب بر اساس ترسیم هر سری زمانی و انتخاب بهترین توزیع سازگار با داده‌های حدی در فواصل زمانی متفاوت. بنابراین مراحل انجام پژوهش بدین صورت است که پس از محاسبه بازده بازار به‌صورت روزانه، بازده‌های حدی حداقل و حداکثر در فواصل زمانی مختلف (هفتگی، ماهانه، فصلی، شش ماهه و سالانه) جدا شد و سپس با برآورد پارامترهای نمودار نسبت ال–مومنت و ترسیم نمودار مدل‌های مهم آن، مدل توزیع حدی که بتواند توزیع بازده کل را در فواصل زمانی مختلف به‌درستی تشریح کند، انتخاب شد. پس از مشخص‌کردن نوع مدل (مدل‌های) توزیع مناسب سری‌های مختلف زمانی، نسبت به برآورد پارامترهای این مدل (مدل‌ها) و مقایسه آن در فواصل زمانی مختلف اقدام شد. به‌منظور مقایسه پارامترهای مدل‌های

انتخاب‌شده، آزمون اندرسون دارلینگ[1] به‌کار رفت. فواصل زمانی مورد نظر به‌ترتیب عبارتند از: حداقل و حداکثر بازده هفتگی، ماهانه، فصلی، شش‌ماهه و سالانه. سری‌های زمانی بازده روزانه شاخص به‌صورت $r_1, r_2, \ldots, r_n$ مشخص می‌شوند. در پژوهش حاضر به‌منظور ترسیم نمودارهای توزیع شاخص و محاسبات آماری جدول توصیفی از نرم‌افزار SPSS و در برآورد پارامترهای نمودار ال–مومنت و ترسیم آن، تحلیل داده‌ها و نیز برآورد پارامترهای مدل‌های توزیع انتخاب‌شده از نرم‌افزار R استفاده شده است. برآورد پارامترهای مدل نیز با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی و با استفاده از پکیج‌های nlme و gnfit در محیط نرم‌افزار R انجام شده است.

به‌منظور انتخاب توزیع احتمال مناسب برای مجموعه داده‌های تجربی مورداستفاده در پژوهش حاضر از نمودار بسیار مفید و کاربردی نسبت ال–مومنت استفاده شده است. این نمودار آزمونی گرافیکی است که توسط هاسکینگ (۱۹۹۰)، معرفی شده و شامل آزمون‌های متعددی است که در پژوهش حاضر از شناخته‌شده‌ترین مدل‌های نظریه مقادیر حدی مانند مدل‌های GEV، GL، GPD، N و گامبل استفاده شده است. برای ترسیم این نمودار گشتاورهای مرتبه سوم و چهارم برای ترسیم محورهای چولگی و کشیدگی محاسبه می‌شوند [۱۳]. در شاخص نمودار ال–مومنت پارامتر λ_r برای متغیر تصادفی x به‌صورت رابطه ۲، تعریف می شود.

$$\lambda_r = r^{-1}\sum_{k=0}^{r-1}(-1)^k\binom{r-1}{k}EX_{(r-k:r)} \,.\, r = 1.2. \ldots \qquad \text{رابطه (۲)}$$

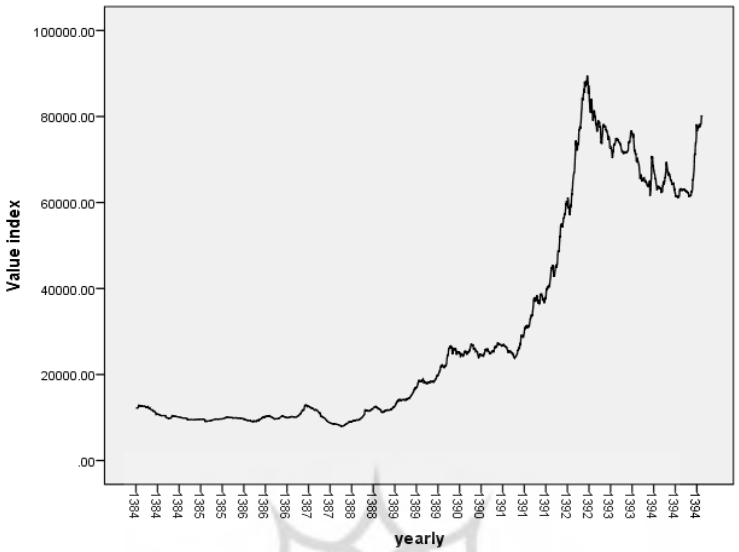
در رابطه ۲، $EX_{(r-k:r)}$ انتظار (r-k)امین آمار حدی است. λ_1 . λ_2 معیارهای موقعیت و مقیاس بوده و $\varphi_3\frac{\lambda_3}{\lambda_2}$. $\varphi_4\frac{\lambda_4}{\lambda_2}$ معیار چولگی و کشیدگی (محورهای افقی و عمودی) هستند. بعد از برآورد متغیرهای نمودار ال–مومنت، بهترین توزیع منطبق با سری‌های زمانی ترسیم‌شده بر اساس منحنی‌ها و خطوط ترسیمی قابل‌شناسایی خواهد بود. درنهایت پس از آنکه بر اساس نمودار ال–مومنت و نسبت‌های مرتبط با آن، توزیع با داده‌های تجربی منطبق شد و بهترین مدل توزیع در فواصل زمانی مختلف انتخاب شد، برازش مدل توزیع انتخاب‌شده موردآزمون قرار می‌گیرد. از میان آزمون‌های مطرح در این زمینه، آزمون اندرسون دارلینگ (AD[1]) به‌دلیل اینکه به دامنه‌های توزیع وزن بیشتری اختصاص می‌دهد، قدرتمندترین ابزار برای آزمون تابع توزیع تجربی است. در پژوهش حاضر، از آزمون AD استفاده شد که آماره آزمون به‌صورت رابطه ۳، است:

$$\int_{-\infty}^{+\infty}[F_n(x) - F(x)]^2 \emptyset(x) d\,F(x) \qquad \text{رابطه (۳)}$$

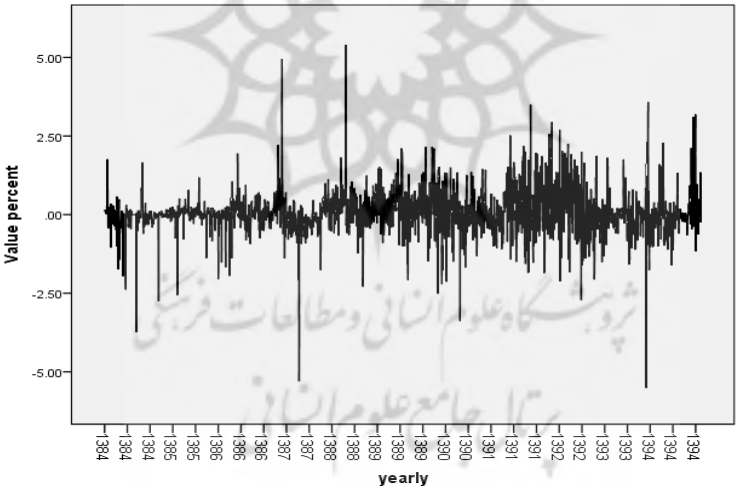
1. Anderson Darling
1. Anderson Darling

هرچه مقدار آماره آزمون AD کوچک‌تر باشد، برای انطباق بهتر داده‌های تجربی مناسب‌تر خواهد بود.

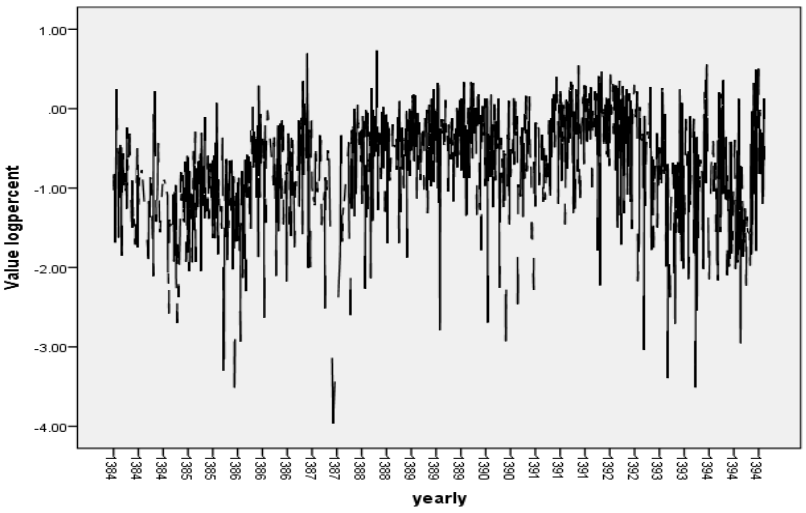
٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها



نمودار ۱. شاخص سالانه بورس تهران از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵

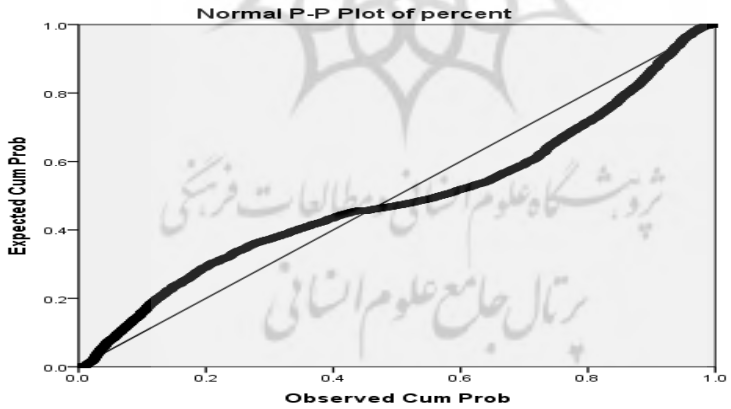


نمودار ۲. بازده سالانه شاخص کل بورس از ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵

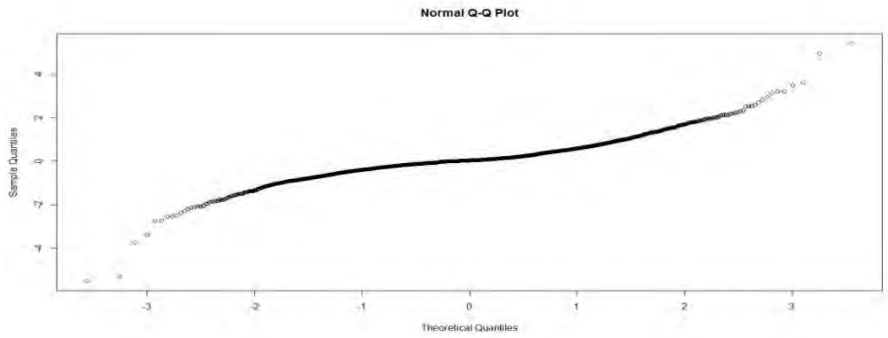


نمودار ۳. لگاریتم بازده سالانه شاخص کل بورس

در نمودارهای ۱ و ۲، روند تغییرات شاخص کل و لگاریتم بازده کل بازار نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین نوسان شاخص کل بورس در دوره زمانی موردبررسی، بین سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ رخ داده است. بازده شاخص کل نیز نشان می‌دهد که غالب تغییرات بازده بین ۳- درصد و ۳+ درصد در نوسان بوده است. نکته‌قابل توجه این است که نوسان‌پذیری بازده کل از سال ۱۳۸۸ بیشتر شده است. در نمودار ۳، نیز نمودار لگاریتم بازده سالانه نشان می‌دهد که روند پراکندگی به سمت کاهش، چشمگیر است. این امر می‌تواند نشان‌دهنده وجود بازده حدی منفی در بورس باشد.



نمودار ۴. توزیع PP Plot لگاریتم بازده کل بورس



نمودار ۵. QQ Plot لگاریتم بازده کل بورس

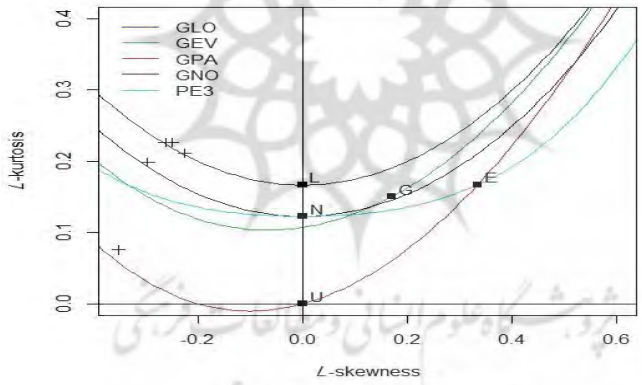
در نمودارهای QQ Plot و PP Plot که با استفاده از داده‌های لگاریتم بازده کل ترسیم شده است، الگوی ترسیم‌شده برای بازده کل بر خلاف توزیع نرمال است؛ به‌عبارت‌دیگر بیشتر داده‌ها خارج از خط نرمال است و در دنباله‌های بالا و پایین قرار دارند. این امر نشان‌دهنده وجود پدیده دنباله پهن‌بودن در داده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران است؛ بنابراین در این شرایط استفاده از نظریه مقادیر حدی و مدل‌های توزیع آن در مطالعه شاخص کل بورس منطقی و قابل‌توجیه است.

جدول۱. آمار توصیفی

فاصله زمانی	N	Min (%)	Max (%)	Mean (%)	SD (%)	Skew	Kurt	J-B	p-value
بازده روزانه	۱۶۵۴	−۵/۵۱	۵/۴۰	۰/۰۷۴۴	۰/۶۸۵۱۸	۰/۱۸۵	۸/۱۵۹	۷۲۹۳/۰۶۶	۰/۰۰۰۱
سری‌های حداقل									
هفتگی	۵۶	−۵/۵۱	۱/۰۰	−/۴۸۴۵	۰/۶۶۶۶	−۲/۴۲۶	۱/۰۳۰۲	۳۸۹۷/۶۹۲	۰/۰۰۰۱
ماهانه	۱۳۱	−۵/۵۱	۰/۰۱	−۱/۰۸۷۴	۰/۸۹۵۰۰	−۲/۰۲۰۵	۷/۳۹۱	۴۰۴/۳۰۲۳	۰/۰۰۰۱
فصلی	۴	−۵/۵۱	−۰/۲۳	−۱/۷۵۴۳	۱/۱۳۵۳۶	−۱/۵۶۱	۳/۳۴۴	۳۸/۳۶۷۷	۰/۰۴۱۹
شش‌ماهه	۳	−۵/۵۱	−۰/۶۷	−۲/۲۷۳۹	۱/۲۷۴۸۶	−۱/۳۴۹	۱/۷۴۴	۹/۴۶۱۵۹۹	۰/۰۱۰۰
سالانه	۱۱	−۵/۵۱	−۱/۷۷	−۳/۰۲۴۳	۱/۳۲۹۵۷	−۱/۱۳۳	۰/۰۶۱	۲/۳۵۶۷۵	۰/۰۱۲۳
سری‌های حداکثر									
هفتگی	۵۶	−/۶۰	۵/۴۰	۰/۶۰۷۵	۰/۷۱۵۰۸	۱/۹۸۳	۶/۸۰۲	۱۴۳۶/۱۴۵	۰/۰۰۰۱
ماهانه	۱۳۱	۰/۰۰	۵/۴۰	۱/۱۲۶۷	۰/۹۴۰۸۰	۱/۶۲۸	۴/۱۵۸	۱۵۲/۲۳۹	۰/۰۰۸۹
فصلی	۴	۰/۱۶	۵/۴۰	۱/۷۴۷۲	۱/۱۳۲۴۰	۱/۲۸۴	۲/۳۵۳	۲۲/۲۴۵۴۱	۰/۰۰۱۸
شش‌ماهه	۳	۰/۴۶	۵/۴۰	۲/۲۰۱۴	۱/۲۷۹۸۹	۱/۱۱۵	۱/۰۶۹	۵/۶۰۲۲۵۸	۰/۰۰۰۴
سالانه	۱۱	۱/۱۸	۵/۴۰	۲/۸۵۶۶	۱/۳۶۶۷۳	۰/۸۵۷	−/۳۲۰	۱/۳۹۳۳۳۳	۰/۰۰۲۴

جدول ۱، تحلیل توصیفی بازده روزانه شاخص کل را هم برای سری‌های حداقل و هم سری‌های حداکثر در فواصل زمانی مختلف (هفتگی، ماهانه، فصلی، شش‌ماهه و سالانه) نشان

می‌دهد. بر اساس جدول ۱، کمترین بازده روزانه ۵/۵۱- درصد و بیشترین بازده روزانه نیز ۵/۴۰ درصد است. میانگین به‌دست‌آمده ۰/۰۷۴ درصد که نشان‌دهنده جهت مثبت نه‌چندان قوی است. میانگین انحراف معیار ۰/۶۸ درصد، چولگی برای کل دوره موردبررسی ۰/۱۸۵ و کشیدگی ۸/۱۵۹ درصد به‌دست آمده است. آزمون جارکو-برا نشان‌دهنده غیر نرمال‌بودن توزیع سری‌های زمانی شاخص است. میانگین بازده در همه سری‌های حداقل، منفی و در همه سری‌های حداکثر، مثبت است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، میانگین به‌دست‌آمده در سری‌های حداقل و حداکثر با افزایش فواصل زمانی بیشتر شده است. انحراف معیار سری‌های حداکثر به میزان اندکی بیشتر از سری‌های حداقل است. در سری‌های حداقل، کشیدگی فواصل هفتگی بیشتر از فواصل دیگر است که این امر نشان‌دهنده غیرنرمال‌بودن و چاق‌تربودن دنباله سری‌های حداقل در فواصل هفتگی نسبت به سایر فواصل زمانی است. وجود این رابطه برای سری‌های حداکثر نیز قابل‌مشاهده است. آزمون جارکو-برا هم برای سری‌های زمانی حداقل و هم سری‌های زمانی حداکثر نشان‌دهنده غیرنرمال-بودن توزیع داده‌ها است. با افزایش فواصل زمانی نتیجه این آزمون کمتر می‌شود که این امر دلالت بر این دارد که برای فواصل زمانی کوتاه‌تر، دامنه توزیع چاق‌تر است. مقایسه دو سری زمانی حداقل و حداکثر نشان می‌دهد که آزمون JB برای سری‌های زمانی حداقل بیشتر از سری‌های حداکثر است. چولگی و کشیدگی سری‌های زمانی حداقل بیشتر از سری‌های زمانی حداکثر در فواصل زمانی متفاوت است. این مطلب نشان می‌دهد که دامنه پایین‌تر توزیع بازده کل بورس تهران چاق‌تر از دامنه بالاتر آن است؛ بنابراین ممکن است این امر در نتیجه وجود بازده منفی حدی باشد.



نمودار ۶. نمودار نسبت ال-مومنت بررسی فواصل زمانی مختلف (سری‌های حداقل)

برای انتخاب مدل توزیع مناسب آماری مجموعه‌ای از داده‌های تجربی از نمودار نسبت ال-مومنت استفاده می‌شود. محور افقی نمودار نشان‌دهنده چولگی و محور عمودی آن نشان‌دهنده کشیدگی سری‌های زمانی موردبررسی است که بر اساس محاسبه گشتاور سوم و چهارم معادله

محاسبه شده‌اند. در پژوهش حاضر به‌منظور انتخاب مدل توزیع داده‌های حدی از این نمودار گرافیکی استفاده شده است. این نمودار دربرگیرنده مهم‌ترین توزیع‌های آماری مقادیر حدی است. با توجه به اینکه در قسمت قبل مشخص شد که احتمال وجود داده‌های حدی در سری‌های حداقل بیشتر از سری‌های حداکثر است، در انتخاب نوع توزیع آماری متناسب با داده‌های حدی شاخص کل از نمودار ال–مومنت سری‌های حداقل استفاده شده و همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، بیشتر سری‌های زمانی موردبررسی روی خط مدل توزیع GL قرار گرفته‌اند؛ به‌عبارت‌دیگر با توجه به ترسیم سری‌های زمانی پنج‌گانه روی نمودار، مدل توزیع مقادیر حدی در بیشتر فواصل زمانی لجستیک تعمیم‌یافته است؛ البته با توجه به اهمیت مدل مقادیر حدی تعمیم‌یافته و دربرگیرندگی بیشتر سری‌های زمانی از این مدل توزیع و اینکه برخی سری‌های زمانی از شمول مدل‌های دیگر خارج هستند، محاسبه پارامترهای این دو مدل بر اساس روش حداکثر درست‌نمائی (ML) و نیز مقایسه شاخص‌های سه‌گانه این دو مدل (شکل، مقیاس، موقعیت) بر اساس آزمون اندرسون دارلینگ صورت می‌گیرد. دلیل انتخاب این آزمون مقایسه‌ای، اهمیت ویژه‌ای است که به دامنه‌های توزیع اختصاص می‌دهد. ارشاد و همکاران (۲۰۰۳)، نیز نشان دادند که آزمون اندرسون دارلینگ یکی از قوی‌ترین ابزارهای آماری برای آزمون تابع توزیع تجربی است و در بیشتر موارد عملکرد بهتری نسبت به آزمون‌های دیگر از جمله کولموگروف–اسمیرنف دارد [۱]؛ بنابراین در پژوهش حاضر از آزمون اندرسون دارلینگ برای انتخاب مدل توزیع مناسب در سری‌های زمانی متفاوت استفاده شده است.

جدول ۲. برآورد پارامترهای مدل توزیع GEV بر اساس روش ML

فاصله زمانی	Shape	Scale	Location	AD	P-Value
حداقل					
هفتگی	۰/۰۷۴۱	۰/۰۲۹۳	۰/۰۸۴۳	۰/۴۱۴۶	۰/۳۳۵۰
ماهانه	−۱/۱۸۶۷	۰/۹۰۶۹	−۰/۷۵۳۰	۰/۶۹۳۶	۰/۰۷۰۱۵
فصلی	−۱/۹۰۷۷	۱/۲۰۷۲	−۰/۷۰۳۷	۰/۳۹۳۲	۰/۳۷۶
شش‌ماهه	−۲/۴۰۸۷	۱/۳۵۳۶	−۰/۷۶۱۹	۰/۳۳۹۱	۰/۰۴۱۷
سالانه	−۲/۸۹۷۷	۱/۱۷۱۶	−۱/۰۳۸۸	۱/۴۳۷	۰/۰۰۱۰۴
حداکثر					
هفتگی	۰/۲۷۳۹	۰/۴۳۳۸	۰/۱۶۱۵	۲/۹۳۰۵	۰/۰۰۰
ماهانه	۰/۶۳۳۹	۰/۵۵۱۰	۰/۲۸۵۳	۱/۲۲۹۳	۰/۰۰۳۳۶
فصلی	۱/۲۳۰۹	۰/۸۲۷۳	۰/۰۴۵۴	۰/۳۷۲۸	۰/۴۱۹۲
شش‌ماهه	۱/۶۱۲۹	۰/۹۱۳۱	۰/۰۶۲۸	۰/۲۶۱۱	۰/۷۰۷۷
سالانه	۲/۱۶۸۵	۰/۸۸۵۸	۰/۱۸۷۵	۰/۳۱۸۴	۰/۵۳۶۱

1. Maximum Likelihood

جدول ۳. برآورد پارامترهای مدل توزیع GL بر اساس روش ML

فاصله زمانی	Shape	Scale	Location	AD	P-Value
حداقل					
هفتگی	−۰/۳۶۲۸	۰/۲۷۷۸	−۰/۳۶۱۶	۴/۳۴۲	۰/۰۰۰
ماهانه	−۰/۳۷۲۱	۰/۳۹۱۱	−۰/۸۷۶۱	۴/۱۸۶	/۰۰۰
فصلی	−۰/۳۲۳۲	۰/۵۱۵۰	−۱/۴۶۵۲	۰/۸۰۹۸	۰/۰۳۶۲
شش‌ماهه	−۰/۲۸۱۰	۰/۶۱۲۰	−۱/۹۷۸۶	۰/۷۸۴۹	۰/۰۴۱۷
سالانه	−۰/۲۶۷۰	۰/۷۱۰۲	−۲/۷۳۳۸	۰/۸۲۳۳	۰/۰۳۳۵
حداکثر					
هفتگی	۰/۱۲۵۲	۰/۲۷۷۰	۰/۴۰۴۰	۳/۷۸۵۱	۰/۰۰
ماهانه	۰/۱۸۷۷	۰/۲۸۳۵	۰/۸۲۵۲	۳/۱۲۰۷	۰/۰۰
فصلی	۰/۱۷۴۵	۰/۳۷۵۸	۱/۳۲۲۸	۰/۶۷۲۷	۰/۰۷۹
شش‌ماهه	۰/۲۱۲۵	۰/۴۱۷۰	۱/۶۲۶۹	۰/۷۱۵۹	۰/۰۶۱۸
سالانه	۰/۲۲۹۸	۰/۴۸۷۰	۰/۰۶۸۰	۰/۶۱۷۴	۰/۱۰۸۱

در جدول‌های ۲ و۳ :

Shape: پارامتری است که میزان پهن‌بودن دنباله توزیع را نشان می‌دهد.

Scale: پارامتر مشابه شاخص انحراف معیار در مدل موردبررسی است.

Location: پارامتر مشابه میانگین آماری در مدل موردبررسی است.

AD: آزمون اندرسون دارلینگ

پارامترهایی که بر اساس روش حداکثر درست‌نمایی برای مدل‌های GEV و GL محاسبه و در جدول‌های ۲ و ۳، نشان داده شده‌اند، نمایانگر آن است که پارامتر شکل توزیع[1] در سری‌های حداقل با افزایش فاصله زمانی کمتر و در سری‌های زمانی حداکثر نیز با افزایش فاصله زمانی بیشتر شده است. این امر نشان می‌دهد که در سری‌های حداکثر، در فواصل زمانی بیشتر دامنه توزیع چاق‌تر می‌شود. در مدل GL نیز در سری‌های حداقل و حداکثر، با افزایش فاصله زمانی، پارامتر شکل افزایش داشته است. تنها در فواصل زمانی ماهانه، شکل توزیع دارای دنباله پهن‌تری نسبت به سری‌های هفتگی و فصلی است؛ همچنین بر اساس برآورد پارامتر نوسان‌پذیری[2] هم در مدل GEV و هم در مدل GL در سری‌های زمانی حداقل و حداکثر و در فواصل زمانی بلندمدت‌تر، نوسان‌پذیری سری‌ها بیشتر است. در مدل GL در سری‌های حداقل، معیار نوسان‌پذیری برای فاصله زمانی هفتگی ۰/۲۷۷۸ درصد و فاصله زمانی سالانه ۰/۷۱۰۲ درصد به‌دست آمده و در

1. Shape
2. Scale

سری‌های حداکثر نیز برای فاصله زمانی هفتگی ۰/۲۷۷۰ درصد و فاصله زمانی سالانه نیز ۰/۴۸۷۰ درصد است. این امر نشان می‌دهد که در بورس تهران، بازده‌های حدی روزانه در فواصل زمانی بلندمدت‌تر، نوسان‌پذیری بیشتری دارد. با توجه به اینکه هدف این پژوهش، بررسی شکل ساختار توزیع مقادیر حدی در فواصل زمانی متفاوت و انتخاب بهترین مدلی است که بتواند مطابقت بهتری با سری‌های موردبررسی داشته باشد، نسبت به بررسی و انتخاب مدل مناسب‌تر اقدام شد. بر اساس آزمون اندرسون دارلینگ (AD) که در جداول مربوط به تخمین پارامترهای دو مدل GEV و GL نشان داده شده است، می‌توان مدل تطبیقی مناسب را در هر یک از سری‌های زمانی مشخص کرد. بر اساس جدول برآورد پارامترها، هر چه مقدار آزمون AD کمتر باشد، مطابقت سری‌های موردبررسی بهتر خواهد بود. در مدل GL نتایج نشان می‌دهد که در سری‌های حداکثر، فاصله زمانی سالانه و در سری‌های حداقل، فاصله زمانی شش‌ماهه مناسب‌تر هستند. در مدل GEV نیز در سری‌های حداقل و حداکثر، فاصله زمانی شش‌ماهه مطابقت بهتری با مدل انتخابی دارد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که در سری‌های حداقل، به غیر از فاصله زمانی سالانه، مدل GEV نسبت به مدل GL، عملکرد و نتایج بهتری را نشان می‌دهد.

۵. بحث و نتیجه گیری

در بیشتر پژوهش‌های مرتبط با ریسک، معیار محاسبه‌شده تا زمانی مطمئن و کاربردی است که توزیع متغیر موردبررسی نرمال باشد. بیشتر تصمیم‌های مالی مبتنی بر توزیع یکنواخت دارایی‌های مالی اتخاذ می‌شود؛ بنابراین در صورت داشتن چولگی و کشیدگی و مشخص‌شدن نوع مدل توزیع متغیر موردبررسی، می‌توان نسبت به کاربرد شاخص مرتبط با آن مدل اقدام کرد. ازاین‌رو مهم است که نوع توزیع‌های آماری مرتبط با مقایر حدی شاخص کل بورس مشخص شود. در پژوهش حاضر تلاش شد تا با رویکرد مبتنی بر مقادیر حدی و با استفاده از روش حداقل و حداکثر مقادیر حدی، بازده حدی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران بررسی شود. هدف اصلی این پژوهش، مقایسه مدل‌های توزیع مقادیر حدی و انتخاب مدل مناسب بازده کل بر اساس برآورد پارامترهای مدل‌های انتخاب شده است. برای بررسی و آزمون اهداف پژوهش از لگاریتم بازده روزانه در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که با استفاده از گشتاورهای سوم و چهارم و ترسیم نمودار کاربردی ال–مومنت که در بیشتر علوم امروزی کاربرد دارد، مدل مناسب سری‌های حداقل و حداکثر در بیشتر فواصل زمانی مختلف مدل GL و در برخی فواصل نیز GEV بوده و درنهایت بر اساس برآورد پارامترهای دو مدل بالا، مدل قابل‌تطبیق سری‌های حداقل (به‌جز فاصله زمانی سالانه) بر اساس مدلGEV قابل‌تبیین است؛ به‌عبارتی در صورتی که به‌منظور بررسی مقادیر حدی شاخص از فواصل زمانی سالانه استفاده شود، مدل مناسب

توزیع شاخص، مدل لجستیک تعمیم‌یافته است. در فواصل زمانی کمتر از سال، مدل GEV عملکرد بهتری نشان داده است. نتیجه این پژوهش می‌تواند در محاسبه شاخص ارزش در معرض ریسک کل بازار در فواصل زمانی انتخابی و بر اساس مدل موردنظر کمک مؤثری به بهبود کیفیت مدیریت ریسک بازار کند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهش‌ها، مانند پژوهش جنسی و سلکاک (۲۰۰۱)، در بازار آمریکا و نیز پژوهش سایفال و لی (۲۰۱۵)، در بازار چین مشابه است؛ اما با پژوهش‌های گتنبی و همکاران (۲۰۰۶)، در بازار آمریکا، انگلیس و ژاپن، پژوهش تولیکاس و گتنبی (۲۰۰۹)، در بازار سنگاپور و پژوهش حسن و همکاران (۲۰۱۲)، در بازار مالزی متناقض است. نتایج این پژوهش درک جدیدی از مدل توزیع مناسب رفتار حدی بازده کل بازار سهام، به‌ویژه بازده های حدی منفی، در اختیار پژوهشگران بازار سرمایه قرار می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان می‌دهد که با کاهش فاصله زمانی، عملکرد مدل‌های توزیع مقادیر حدی نیز که بر اساس آزمون اندرسون دارلینگ بررسی و مورد آزمون قرار گرفت، بهبود می‌یابد. بررسی شکل توزیع در سری‌های حداقل نشان‌دهنده آن است که با کاهش فاصله زمانی، دنباله توزیع پهن‌تر می‌شود؛ بنابراین نتایج این پژوهش اطلاعات جدیدی به‌منظور ارزیابی وضعیت فعلی بازار سهام کشور در اختیار مدیران سرمایه‌گذاری قرار می‌دهد تا ریسک بازار سهام را بهتر ارزیابی کنند. با توجه به این امر پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده به‌منظور محاسبه ریسک کلی بازار سرمایه و همچنین ریسک پورتفوی سرمایه‌گذاری از مدل‌های موردتأیید در فواصل زمانی مربوط استفاده شود؛ همچنین در پژوهش‌های آتی معیارهای ریسک مدل‌های انتخاب‌شده (ارزش در معرض ریسک یا ریزش مورد-انتظار) با سایر مدل‌های چندمتغیره از جمله E-GARCH و کاپولا و در فواصل زمانی مختلف موردمقایسه قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Arshad, M., & Rasool, M. T, (2003). Anderson Darling and modified Anderson Darling tests for generalized Pareto distribution. *Journal of applied sciences, 3 (2),* 85-88.
2. Assaf, A, (2009). Extreme observations and risk assessment in the equity markets of MENA region: tail measures and Value-at-Risk. Journal of international review of financial analysis, *18 (3),* 109-116.
3. Black. F., Scholes, M., (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of political economy, 81(3),* 637-654.
4. Christoffersen, P., Errunza, V., Jacobs, K., & Longlois, H. (2012). Is the potential for international diversification disappearing? A dynamic copula approach. *The Review of financial studies, 25(12),* 3711-3751.
5. Dominicy Y., Ilmonen, P., & Veredas, D. (2015). Multivariate Hill estimators. *International statistical Review banner, 85(1),* 108-142.
6. Falahpoor, S., & Fezolah, S. (2016). Choosing stock portfolios using the low sequence affinities and the theoretical amount of the margin. *Quarterly Journal of Financial Knowledge of Analysis Securities*, 30:33-54. (In Persian)
7. Fallahshams, M., & Ghazanfari, S. (2016). Evaluation of downside risk and stock returns in tehran stock Exchange via extreme value theory. *financial engineering and portfolio management*, 7(27), 137-157. (In Persian)
8. Fallah Talab, H., & Azizi M. R. (2014). The application of the theory of Extreme value in the prediction of value at risk. *Quarterly journal of Investment Knowledge*, *12*, 159-180. (In Persian)
9. Gencay, R., Selcuk, F., (2004). Extreme Value Theory and Value-at-risk: relative performance in emerging markets. *International Journal of Forecasting, 20(2),* 284-303.
10. Gettinby, G., Sinclair, C., Power, D., Brown, R., (2006). An analysis of the distribution of extreme share returns in the UK from 1952 to 2000. *Journal of Business Finance and Accounting, 31(5-6),* 607-646.
11. Hasan, H. Ahmad Radi, N. F., & Kassim, S. (2012). Modeling the distribution of extreme share return in Malaysia using generalized extreme value (GEV) distribution. *The 5th international conference on research and education in mathematics, 1450,* 82-89.
12. Heikkila, M., Dominicy, Y., Ilmonen, P. (2017). Multivariate moment based extreme value index estimators .*Computational statistics, 32(4),* 1481-1513.
13. Hosking, J. R., (1990). L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of Royal statistical society, 52(1),* 105-124.
14. Jansen, D. W., & De Vries, C. G., (1991). On the frequency of large stock returns: putting booms and busts into perspective. *The review of economics and statistics, 73(1),* 18-24.
15. Kelvin, A.K, & Mung'atu, J.K., (2016). Extreme Values Modelling of Nairobi Securities Exchange Index. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics.* 5(4), 234-241.
16. Lee C.F, Su J.B, (2012). Alternative statistical distributions for estimating value-at-risk: theory and evidence. *Review of quantitative finance and accounting, 39(3),* 309-331.

17. Longin, F. M. (1996). The asymptotic distribution of extreme stock market returns. *Journal of Business, 69(3),* 383-408.
18. Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance, 7(1),* 77-91.
19. Merton, R. C. (1973). An intertemporal capital asset pricing model. *Econometric, 41(5),* 867-887.
20. McNeil A, Frey R. (2000). Estimation of Tail-Related Risk Measures for heteroscedastic financial time series: an extreme value Approach. *Journal of Empirical finance, 7(3-4),* 271-300.
21. Mora – Valencia, A., Niguez, T. M., Perote, J., (2017). Multivariate approximations to portfolio return distribution. *Journal of computational and mathematical organization theory, 23(3),* 347-361.
22. Niguez T.M, Perote J, (2016). The multivariate moments Expansion density: an application of the dynamic equicorrelation model. *Journal of Banking and finance, 72(10),* 216-232.
23. Noroozizadeh, P. (2006). Modeling the Tail of Tehran Stock Exchange Index Distribution. 1st*Conference of Future Research*, Tehran Amir Kabir Industrial University. (In Persian)
24. Onour, E. (2010). Extreme risk and fat-tails distribution model: empirical analysis. *Journal of money, investment and banking*, Issue *13*, 27-34.
25. Polanski A., & Stoja E. (2010). Incorporating higher moments into value at risk forecasting. *Journal of forecasting banner, 29(6),* 523-535.
26. Raee, R., & nabizadeh, A. (2013). The distribution of return on equity in Tehran Stock Exchange. *Financial Management Strategy Quarterly, 10(1),* 1-15. (In Persian)
27. Rostami, M. R. & Haghighi, F. (2013). Comparison of Multivariate GARCH Models in Determining the Risk of a Portfolio. *Journal of Financial Research, 15(2),* 215-228. (In Persian)
28. Saiful, IH, Li, S, (2015). Modeling the distribution of extreme returns in the Chinese stock market. *Journal of international Financial Markets, institutions and money*. 34(2015) 263-276.
29. Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance, 19(3),* 425-442.
30. Schmdt R, Stadtmuller U. (2006). Non-parametric estimation of tail dependence. *Scandinavian Journal of statistics banner, 33(2),* 307-335.
31. Tasi M, Chen L. (2011). The calculation of capital requirement using extreme value theory. *Economic Modelling, 28(1-2),* 390-395.
32. Tolikas, K., Gettinby, G. D., (2009). Modelling the distribution of the extreme share returns in Singapore. *Journal of Empirical Finance, 16(2),* 254-263.
33. Yarahmadi, M., & Fallahpour, S. (2012). Estimation of Value at Risk Using the Extreme Theory in Tehran Stock Exchange.*Journal of Financial Engineering and Management of Securities, 13*, 103-120. (In Persian).

پرتال جامع علوم انسانی