



## Time Series Modeling of Extreme Losses Values Based on a Spectral Analysis Approach

**Seyed Jalal Tabatabaei**

\*Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Financial Management, Faculty of Management, Payame Noor University, Yazd, Iran. E-mail: j\_tabatabaei@alumni.ut.ac.ir

**Alireza Pakgohar**

Assistant Prof., Department of Statistics, Faculty of Statistics, Payame Noor University, Yazd, Iran. E-mail: a\_pakgohar@pnu.ac.ir

### Abstract

**Objective:** Because data analysis for modeling extreme values in financial literature is of interest to researchers and in financial markets and is considered by market risk managers, identifying new and appropriate approaches can provide analysts with insight into predicting very rare events. Analyzing very rare events by time distribution is one of the most appropriate approaches to risk analysis. This study aims to combine the time analysis and spectral analysis approach to identify and present a new approach in extracting and analyzing overt and covert fluctuations along all possible longitudinal wavelengths, to identify stock price behavior and its fluctuations.

**Methods:** According to the defined algorithm, the extreme losses are extracted for each share in the period under review and are defined as a time series according to the time distribution. For the time series obtained, the iterative structural model was performed using a multi-harmonic analysis and variance analysis approach and the hidden fluctuations in maximum loss yields were identified with varying degrees of quality and then estimated with the highest quality period according to a sinusoidal relationship. For this purpose, the stock price has been used for the statistical period of 1998-1997 (20 years) and includes 105 companies listed on the Tehran Stock Exchange.

**Results:** The results showed that using the findings of the proposed 460-day cycle method, the most appropriate and high-quality cycle in detecting fluctuations in the time series can be examined. Besides, based on the mentioned cycle, the parameters of the estimated sinusoidal pattern are significant. The fitness test also showed that 78% of the yield changes could be identified by the proposed model.

**Conclusion:** Applying a combined approach to time-series analysis and spectral analysis has the necessary competence in describing the time-series behavior of corporate stock returns. Therefore, the proposed model can be used for forecasting and analysis in the capital market.

**Keywords:** Spectral analysis, Periodogram, Extreme losses values, Volatilities.

**Citation:** Tabatabaei, Seyed Jalal & Pakgohar, Alireza (2020). Time Series Modeling of Extreme Losses Values Based on a Spectral Analysis Approach. *Financial Research Journal*, 22(4), 594-611. (in Persian)

Financial Research Journal, 2020, Vol. 22, No.4, pp. 594- 611

DOI: 10.22059/frj.2020.299591.1007004

Received: April 09, 2020; Accepted: September 17, 2020

Article Type: Research-based

© Faculty of Management, University of Tehran

## مدل سازی سری زمانی مقادیر فرین بر اساس رویکرد تحلیل طیفی

سید جلال طباطبائی

\* نویسنده مسئول، استادیار، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه پیام نور، یزد، ایران. رایانامه: j\_tabatabaei@alumni.ut.ac.ir

علیرضا پاک گوهر

استادیار، گروه آمار، دانشکده آمار، دانشگاه پیام نور، یزد، ایران. رایانامه: a\_pakgohar@pnu.ac.ir

### چکیده

**هدف:** از آنجا که پژوهشگران، در ادبیات مالی، برای مدل سازی مقادیر فرین به تحلیل داده‌ها توجه کرده‌اند و در بازارهای مالی نیز مدیران ریسک بازار به آن توجه می‌کنند، شناسایی رویکردهای نوین و مناسب می‌تواند در پیش‌بینی رویدادهای بسیار نادر به تحلیل گران ریسک، بینش عمیقی ایجاد کند. تحلیل رویدادهای بسیار نادر بر اساس توزیع زمانی، یکی از مناسب‌ترین رویکردها در تحلیل ریسک است. هدف پژوهش حاضر، ترکیب رویکرد تحلیل زمانی و تحلیل طیفی برای شناسایی و ارائه رویکردی نوین در استخراج و تحلیل نوسان‌های آشکار و پنهان در امتداد تمامی طول موج‌های ممکن سری زمانی است تا بتوان رفتار قیمتی سهام و نوسان‌های آن را شناسایی کرد.

**روش:** بر اساس الگوریتم تعریف شده، ابتدا در دوره بررسی، برای هر سهم، حداکثر زیان بازدهی استخراج و طبق توزیع زمانی به شکل یک سری زمانی تعریف شد. برای سری زمانی به دست آمده، الگوی ساختاری تکرار شونده با استفاده از دوره‌نگار و رویکرد تحلیل واریانس چندهارمونیک اجرا و نوسان‌های پنهان در بازده‌های حداکثر زیان با درجه‌های متفاوت کیفیت شناسایی شدند، سپس با کیفیت‌ترین دوره، طبق رابطه سینوسی تخمین زده شد. برای این منظور، از قیمت سهام برای دوره آماري ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ (۲۰ سال) و ۱۰۵ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است.

**یافته‌ها:** با استفاده از یافته‌های حاصل از روش ارائه شده، چرخه ۴۶۰ روزه می‌تواند مناسب‌ترین و با کیفیت‌ترین چرخه در شناسایی نوسان موجود در سری زمانی بررسی شده باشد. همچنین، بر اساس این چرخه، پارامترهای الگوی سینوسی برآورد شده، معنادارند. آزمون نکویی برازش نیز نشان داد که می‌توان ۷۸ درصد از تغییرات بازدهی را به کمک الگوی ارائه شده، شناسایی کرد.

**نتیجه‌گیری:** به کارگیری رویکرد ترکیبی تحلیل سری زمانی و طیف نگار، برای توصیف رفتار سری زمانی بازدهی سهام شرکت‌ها، صلاحیت لازم را دارد. از این رو، می‌توان از الگوی ارائه شده برای پیش‌بینی و تحلیل در بازار سرمایه بهره برد.

**کلیدواژه‌ها:** تحلیل طیفی، دوره‌نگار، مقادیر فرین، نوسان.

**استناد:** طباطبائی، سید جلال؛ پاک گوهر، علیرضا (۱۳۹۹). مدل سازی سری زمانی مقادیر فرین بر اساس رویکرد تحلیل طیفی. تحقیقات مالی، ۲۲(۴)، ۵۹۴-۶۱۱.

تحقیقات مالی، ۱۳۹۹، دوره ۲۲، شماره ۴، صص. ۵۹۴-۶۱۱

DOI: 10.22059/frj.2020.299591.1007004

دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۱، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۷

نوع مقاله: عملی پژوهشی

© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

## مقدمه

در رابطه با مدل‌سازی رویدادهای بسیار نادر که خارج از توزیع نرمال قرار دارد، در ادبیات علوم آماری بحث و مذاقه انجام شده است. نظریه ارزش فرین، به‌عنوان نظریه‌ای مناسب و توسعه‌یافته در پیش‌بینی مقادیر فرین مطرح شده است. بر اساس این نظریه، با استفاده از روش‌های آماری در راستای تعیین احتمال رویدادهای تغییر قیمتی فرین، رویکردهای متفاوتی استفاده شده است. مدل‌سازی مالی با به‌کارگیری روش‌های آماری به‌دنبال پیش‌بینی مناسب بازارهای مالی به‌خصوص در زمان بحران و سقوط بازار سرمایه بوده است. رویکرد ارزش در معرض ریسک یکی از متداول‌ترین روش‌های موجود در این زمینه است، اما این رویکرد نیز در اندازه‌گیری مقادیر فرین کاملاً موفق نبوده است. برای پیش‌بینی مقادیر فرین، در حوزه داخلی و خارجی، پژوهش‌های متعددی انجام شده است. این پژوهش‌ها به‌طور عمده با استفاده از یک یا تعداد معدودی از شاخص‌های بازار سرمایه رویکردهای متفاوت در اندازه‌گیری ارزش فرین را بررسی کرده و آنها را با سایر رویکردهای اندازه‌گیری ریسک مقایسه کرده‌اند. تحلیل سری‌های زمانی، رفتار یک کمیت در زمان را درک‌پذیر می‌کند، به‌طور مثال قیمت دارایی در بازار سهام می‌تواند از نظر سری‌زمانی تحلیل شود. بررسی جست‌وجوگرانه مقادیر فرین طبق زمان رویداد، می‌تواند در به دست آوردن اطلاعات جدید از متغیر یادشده، نکته‌های مفیدتری فراهم کند. هدف پژوهش حاضر با ترکیب نظریه ارزش فرین و تحلیل زمانی، شناسایی الگوها و دسته‌بندی آنها است. پژوهشگران، همواره وجود ساختارهای تکرارشونده و رویکرد الگوهای بنیادین را جست‌وجو کرده‌اند. برای شناسایی این الگوها، در پژوهش حاضر، از رویکرد امواج سینوسی استفاده شده است. از آنجا که رفتار سینوسی با بیان‌های عامیانه متفاوتی مثل رویکرد بالا و پایین و بازارهای کم‌رونق و پررونق در زندگی روزمره مطرح می‌شود، می‌تواند برای بررسی و پژوهش جذاب باشد. نوآوری پژوهش حاضر از دو جنبه شایان توجه است. نخست آنکه، به‌جای استفاده از یک متغیر در دوره زمانی معین تعداد شایان توجهی از سهام بیان شده در بازار سرمایه را انتخاب کرده و مدل‌سازی توزیع مقادیر فرین بر اساس مقادیر فرین هر زمان در دوره یادشده انجام می‌شود و دوم اینکه، در سطحی پیشرفته‌تر با استفاده از تحلیل زمانی پیشرفته با رویکرد ترکیبی، توزیع زمانی ارزش‌های فرین و ترکیب دوره‌نگار آنالیز واریانس هم‌ساز تحلیل می‌شود.

## پیشینه نظری پژوهش

تحلیل سری‌های زمانی یکی از روش‌های پیشرفته تحلیل داده به شمار می‌رود. به‌وسیله تحلیل زمانی داده‌ها می‌توان رفتار کمی مشاهدات را در بعد زمان بررسی کرد و به‌واسطه این روش، برای دستیابی به الگویی مناسب با رفتار داده‌ها یا تلاش برای دسته‌بندی آنها، شیوه مناسبی ارائه کرد. چنانچه تکرار ساختاری، دنباله‌ای یا شکلی توزیع داده‌ها را مشاهده کنیم، به تشخیص دقیق‌تر کمک خواهد کرد.

## روش تعیین دوره‌ها

## معناداری مدل (رویکرد نیومن - پیرسون)

به‌طور کلی، چنانچه داده‌های مورد مطالعه ( $X$ ) را با مدل مد نظر برازش داده و مقادیر تخمینی  $\hat{\varphi}$  به دست آید و بدانیم که این، مدلی ناپارامتری است، آنگاه پایایی داده‌ها با مدل توسط تابعی نظیر  $\varphi$  اندازه‌گیری می‌شود که آماره خوانده می‌شود. برای سنجش پایایی و سنجش خوبی برازش داده‌ها، از مدل نیکویی برازش استفاده می‌شود. با توجه به آنکه برای آزمون نیکویی برازش داده‌ها، مدل‌های گوناگونی وجود دارد و برای هر یک، آماره خاصی ارائه می‌شود که یکی از معروف‌ترین آماره‌های آزمون نیکویی برازش، آماره  $\chi^2$  است، از این رو، آماره‌های گوناگونی وجود دارند که تشخیص و مقایسه مقدار ظاهری آنها با یکدیگر دشوار است. گاهی این تفاوت‌ها در ظاهر مقادیر به‌دست‌آمده و به‌دلیل مقیاس اندازه‌گیری آماره‌ها بوده و آن قدر ملموس هستند که در اصطلاح آماری آن را معنادار می‌نامیم. برای معناداری مقدار آماره و امکان مقایسه توان آزمون آماره‌ها، از مقدار - احتمال<sup>۱</sup> یا سطح معناداری استفاده می‌شود. مقدار - احتمال میزان محتمل بودن خطای انتخاب مدلی را که شایسته انتخاب نبوده است، به دست می‌آورد. برای آنکه برای این خطا، مقدار مجازی در برآورد مدل نیکویی برازش را در نظر گرفته باشیم، آن را با مقدار خطای نوع اول ( $\alpha$ ) مقایسه می‌کنیم و چنانچه مقدار احتمال از مقدار خطای نوع اول مفروض ( $\alpha$ ) کمتر باشد، میزان خطای مدل را در تشخیص برآورد برازش داده‌ها ناچیز می‌دانیم. بنابراین با اطمینان  $(1-\alpha)$  درصد، توزیع داده‌ها را با توزیعی که در مدل نیکویی برازش در نظر گرفته‌ایم، یکسان می‌دانیم و تفاوت ظاهری مشاهده‌شده را تصادفی در نظر گرفته و معنادار نمی‌شناسیم. بنابراین هر زوج  $(\hat{\varphi}, \hat{X})$  با توزیع احتمال تجمعی حتمی  $\varphi$  مطابق است و آن را به‌طور مثال با  $p(\hat{n}, n, \varphi)$  نشان می‌دهند. مقایسه احتمال  $p(\hat{n}, n, \varphi)$  با سطح معناداری، به آن معنا است که فرض ادعا ( $H_1$ ) هرگاه احتمال پذیرش آن کمتر از مقدار خطای نوع اول باشد، پذیرفته می‌شود. آزمون فرض نیکویی برازش زمانی به‌کار می‌رود که هم‌توزیعی داده‌ها با مدل زمانی را بررسی می‌کند و دو فرض مد نظر پژوهشگر است. فرض ادعا ( $H_1$ )، مدعی است که مدل زمانی استفاده‌شده، مدل مناسبی برای برازش داده‌های استفاده‌شده نیست و فرض پوچ ( $H_0$ )، مدل را برای داده‌های مد نظر مناسب دانسته یا دلیلی برای نبود تناسب مدل با داده‌ها نمی‌یابد.

اگر احتمال پذیرش فرض  $H_1$  را  $P_1$  بدانیم، آنگاه زمانی  $P_1$  رخ می‌دهد که مقدار آماره محاسبه‌شده  $\varphi$  از مقدار بحرانی  $\varphi_1$  بیشتر شود. مقدار  $\varphi_1$  نیز به روش شبیه‌سازی به‌عنوان مقدار متناظر با چندک  $(1-\alpha)$  درصد در بین  $\varphi$ ‌هایی که به‌وسیله روش شبیه‌سازی تولید شده‌اند، تعیین می‌شود. بنابراین، به‌طور اجمالی می‌پذیریم که هرگاه فرض ادعا پذیرفته شود به این معناست که  $\varphi > \varphi_1$  و احتمال این رخداد متمم احتمال آن است که بپذیریم مدل برازش‌یافته مدلی مناسب برای توزیع داده‌ها است. در صورتی که احتمال متناسب بودن مدل را با  $p(\hat{n}, n, \varphi)$  نشان دهیم، با توجه به متمم بودن احتمالات دو فرض ادعا و پوچ خواهیم داشت:  $1 - P(\hat{n}, n, \varphi) = P_1(\varphi_1 < \varphi)$ . در خصوص خطای آزمون فرض، منابع آماری متعددی وجود دارد که می‌توان به کتاب سایمون و فراند (۱۹۹۷) اشاره کرد.

## دوره‌نگار

سری فوریه هارمونیک استفاده شده، از نظر عددی روش متداولی برای مشاهدات توزیع شده ناموزون نیست و روش‌های آماری قطعی که بر اساس توزیع‌های احتمالاتی کلاسیک استفاده می‌شوند، فقط در مدل‌های متداول به کار می‌روند و در سایر مدل‌ها با خطا مواجه می‌شوند. برای اجتناب از این موضوع، لامب و اسکالگر<sup>۱</sup> (۱۹۸۲)، نوعی عمومی از طیف توانی برنامه دوره‌ای LS را با عنوان  $P_{LS}(v)$  ارائه کردند که بر انتخاب‌های خاصی از عباراتی نظیر توابع سینوسی و کسینوسی که در رابطه ۱ زیر تعریف شود، تکیه می‌کند.

$$P_{LS}(v) = A_{LS} |\hat{x}_{LS}(v)|^2 \quad \text{رابطه ۱}$$

توان دوم اختلاف فوریه،  $\hat{x}_{LS}(v)$ ، از رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$|\hat{x}_{LS}(v)|^2 = \left[ \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}) \cos(2\pi v(t_k - \tau)) \right]^2 + \left[ \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}) \sin(2\pi v(t_k - \tau)) \right]^2. \quad \text{رابطه ۲}$$

و عبارت  $\tau$  به صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود:

$$\tan(4\pi v \tau) = \frac{\sum_{k=1}^n \sin(4\pi v x_k)}{\sum_{k=1}^{N_{obs}} \cos(4\pi v x_k)} \quad \text{رابطه ۳}$$

به طور معمول، برای یک سری زمانی  $\{x_i\}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) مقدار  $x$  را میانگین سری زمانی  $\{x_i\}$  در نظر گرفته می‌شود و تبدیل فوریه گسسته برگرفته از سیگنال‌هایی است که از زمان تا دامنه فرکانس طول می‌کشد. به صورت یک قاعده اصلی، نرمال‌سازی  $P_{LS}$  با فرض  $A_{LS} = 1/2\sigma^2$  به منظور ارائه مقداری برای نرمال‌سازی سطح خطای نوع اول ارائه می‌شود.

در عمل، برای تعیین توان چگالی طیف توزیع  $|\hat{x}(v)|^2$  از ساده‌سازی نسخه کامل برنامه دوره‌ای  $P_{LS}$  استفاده خواهد شد.

تقریب تابع LS می‌تواند با استفاده از به‌کارگیری توابع مدل چندجمله‌ای مثلثاتی متعامد زیگو استفاده شود. یک سری  $2N + 1$  تایی از چندجمله‌ای‌ها با ترکیب حداقل  $N$  تایی سری فوریه هارمونیک چندجمله‌ای مثلثاتی متعامد در ارتباط است. به این منظور، می‌توان با استفاده از لم فیشر در مدل‌سازی آماری، سری‌های متعامد در مدل مد نظر را بهینه‌سازی کرد. می‌توان در پژوهش‌های شوازنبرگ و کزرنی<sup>۲</sup> (۱۹۹۸)، از این شگرد استفاده کرده و واریانس مقادیر خطا یا باقی‌مانده را در مدل کاهش داد.

### واریانس، تحلیل واریانس، پیچیدگی مدل

در روش LS از تابع سینوس به عنوان تابع مدل  $\hat{x}$  استفاده شده و از فرم درجه دوم نرم خی دو  $\Theta_{\chi^2} = \|x - \hat{x}\|^2$  به عنوان آماره تعیین میزان خطای مدل استفاده می کنیم. توزیع این آماره می تواند با یک تبدیلات خطی از توزیع خی دو پیروی کند. برای این منظور، مطابق استنباط آمار ریاضی در موضوع تقریب توزیع مشاهدات، آماره  $\Theta_{\chi^2}$  با تقسیم بر واریانس سیگنال،  $V$  دارای توزیع خی دو با دو درجه آزادی خواهد بود.

از طرفی، معمولاً واریانس سیگنال،  $V$  ناشناخته بوده و مجبور به برآورد آن از میان خود داده های در اختیار خواهد بود. بنابراین نه تنها برآوردگرهای واریانس و آماره  $\Theta_{\chi^2}$  مستقل نیستند، بلکه نسبت آنها نیز از توزیع خی دو پیروی نمی کند. راهی ساده برای حل این مسئله، استفاده از آماره فیشر تحلیل واریانس است که از رابطه ۴ به دست می آید:

$$\Theta \equiv (n - \hat{n}) \| \hat{x} \|^2 / (\hat{n} \| x - \hat{x} \|^2) \quad \text{رابطه ۴}$$

بنابراین روش ارائه شده، با عنوان تحلیل واریانس چندهارمونیکی<sup>۱</sup> معرفی شده و با عنوان اختصاری ( $mhAoV$ ) نشان داده شده است که از ترکیب دو روش مدل چندجمله ای زیگو و آماره تحلیل واریانس به دست می آید. آماره تولیدی از توزیع احتمال فیشر ( $F$ ) پیروی کرده و سطح معناداری آن با احتمال چندکی  $(F(\hat{n}, \tilde{n}; \Theta))$   $P_1 = 1 - F(\hat{n}, \tilde{n}; \Theta)$  پیروی می کند که در آن  $\hat{n}, \tilde{n}$  درجات آزادی اول و دوم آماره فیشر بوده و  $\tilde{n} = n - \hat{n}$  است. به ازای ثابت بودن سایر شرایط خطای نوع اول در آماره  $F$  در مقایسه با آماره خی دو به ازای تعداد مشاهدات برابر ۱۰۰ افزایشی خواهد بود، بنابراین آماره  $mhAoV$  در مقایسه با آماره خی دو، از سطح معناداری کمتری برخوردار خواهد بود، اما با افزایش تعداد مشاهدات نسبت اختلاف این سطح معناداری رو به کاهش خواهد رفت. بنابراین با توجه به آنکه از تعداد مشاهدات زیادی در مدل خود استفاده می شود، این نقیصه برطرف خواهد شد.

### آزمایش های چندگانه

احتمال را می توان بر اساس یکی از دو فرضیه آماری به دوره های تناوبی که در داده ها دیده می شود، نسبت داد. این دو فرضیه عبارتند از: ۱. فرکانس آزمایش  $v$  را از پیش می دانیم (از داده های دیگر) و می خواهیم بررسی کنیم که در مجموعه داده های مد نظر خودمان نیز وجود دارد یا خیر و ۲. جست و جو را در سراسر بازه داده های  $\Delta v$  از  $N_{\text{eff}}$  انجام می دهیم و فرکانس  $v$  مربوط به معنادارترین مدولاسیون را پیدا می کنیم. این دو مورد مربوط به احتمالات  $P_1$  و  $P_{N_{\text{eff}}}$  هستند که به ترتیب احتمال بردن در قرعه کشی بعد از یک بار آزمایش و  $N_{\text{eff}}$  بار آزمایش هستند، یعنی احتمالات موارد هشدار نادرست در یک آزمایش و چند آزمایش را نشان می دهند. رابطه ۵ به صورت زیر است.

$$P_{N_{\text{eff}}} = 1 - (1 - P_1)^{N_{\text{eff}}} \quad \text{رابطه ۵}$$

همیشه باید برای ادعای وجود هر میزان فرکانس در موضوع آزمایش شده، از فرضیه ۲ و احتمال  $P_{N_{\text{eff}}}$  استفاده

شود. به هر حال، از آنجا که  $P_1 < P_{N_{eff}}$  است، از حساسیت بیشتری برخوردار است. به همین دلیل توصیه می‌شود، از آن برای موقعیت‌هایی استفاده شود که فرکانس مدولاسیون را از پیش می‌دانیم و هدف این است که ظاهر شدن آن در یک مورد خاص بررسی شود که در یک باند جدید، مجموعه داده‌های جدید یا غیره قرار دارند. یکی از موانع برای کاربرد فرضیه ۳ این است که برای محاسبه  $N_{eff}$  هیچ روش تحلیلی شناخته‌شده‌ای وجود ندارد. عدد  $N_{eff}$  مربوط به آزمایش‌های مستقل است که مقادیر نمودارهای دوره تناوب در بسیاری از فرکانس‌ها با یکدیگر هم‌بستگی دارند، زیرا پهنای قله‌ها  $\delta v$  محدود است و در داده‌ها شکستگی وجود دارد. از آنجا که هیچ روش تحلیلی برای تعیین  $N_{eff}$  در دست نداریم، از شبیه‌سازی‌های عددی مونت کارلو<sup>۱</sup> استفاده شده است. در اینجا، از تخمین محافظه‌کارانه ساده  $N_{eff} = \min(\Delta v / \delta v, N_{calc}, n)$  استفاده می‌شود که  $N_{calc}$  در آن تعداد مقدارهایی است که نمودار دوره تناوب در آن محاسبه می‌شود. این تخمین به این دلیل محافظه‌کارانه است که مربوط به حد بالایی  $P_{N_{eff}}$  است، بنابراین کمترین میزان معناداری را در آشکارسازی خواهد داشت. این اثر برای همه روش‌های جست‌وجوی دوره تناوب برقرار است.<sup>۲</sup> به‌طور کلی، این تخمین می‌تواند میزان معناداری آشکارسازی فرکانس‌های جدید برای  $N_{eff}$  بزرگ را کاهش دهد، زیرا  $P_{N_{eff}} \gg P_1$ . در عمل، این موضوع بر نقش هرگونه اطلاع قبلی درباره فرکانس تأکید دارد که همانند آماره بیز است: اگر هر اطلاع قبلی درباره یک فرکانس مد نظر وجود داشته باشد، می‌توانیم از فرضیه ۱ استفاده کرده و ادعا کنیم که آشکارسازی با میزان معناداری بالایی انجام شده است.

### درازی هم‌بستگی

مقدار  $P_1 \gg P_{N_{eff}}$  و سایر توزیع‌های احتمالاتی که معمولاً برای تعیین شرط آشکارسازی به کار می‌روند، با این فرض اولیه استخراج شده‌اند که آشفتگی‌های سیگنال<sup>۳</sup> از نظر آماری از هم مستقل هستند، اما در عمل معمولاً این‌طور نیست و همانند آنچه در منحنی‌های نور متغیرهای فاجعه<sup>۴</sup> (به اختصار CV) می‌بینیم، آشفتگی‌های هم‌بسته با سیگنال که معمولاً «نویز قرمز»<sup>۵</sup> نامیده می‌شوند، از توزیع‌های احتمالاتی پیروی می‌کنند که با  $P_1$  استاندارد تفاوت دارد و در نتیجه می‌توانند اثر بسیار بزرگی داشته باشند. برای نمونه، آشفتگی در یک تابع خودهم‌بستگی گوس<sup>۶</sup> (ACF)<sup>۷</sup> در یک بازه بسته زمانی  $\delta t$  به یک طیف توان با شکل تابع Gauss با مرکز  $v = 0$  و پهنای  $\delta v = 1/\delta t$  منجر می‌شود. می‌توان نشان داد که اثر خالص هم‌بستگی بر  $P_1$  در آنالیز فرایندهای دارای فرکانس پایین این است که تعداد مشاهده‌های مستقل را با ضرب  $n_{corr}$  کاهش می‌دهد که تعداد میانگین مشاهدات در بازه هم‌بستگی  $\delta t$  است. در عمل، باید از  $\hat{n}/n_{corr}$  و  $\Theta/n_{corr}$  به جای  $\hat{n}$  و  $\Theta$  در محاسبه  $P_1$  استفاده شود. این نتیجه به‌صورت کلی صادق است و هم برای آنالیز کمترین مربعات و هم برای آنالیز بیشترین درست‌نمایی در سری‌های زمانی درست است.

1. Monte Carlo

3. Noise

5. Red Noise

7. Autocorrelation Function (ACF)

2. Horne &amp; Baliunas

4. Cataclysmic Variables

6. Gauss

در خصوص مشاهدات مستقل، باقی‌مانده‌های پی‌درپی  $m = 2$  به‌طور میانگین دارای علامت یکسان هستند. بنابراین، با اندازه‌گیری درازای میانگین  $m$  از سری باقی‌مانده‌های دارای همان علامت، می‌توان به تعداد تخمینی مشاهده‌های پی‌درپی که با یکدیگر هم‌بستگی دارند، یعنی  $n_{corr}$  رسید. توجه شود که  $m = n/l$  است که در اینجا  $l$  تعداد این‌گونه سری‌ها (هم مثبت و هم منفی) است. برای مشاهداتی که هم‌بسته باشند، درازای میانگین سری دارای علامت یکسان به‌صورت  $m = 2n_{corr}$  است که به ما امکان می‌دهد تا  $n_{corr}$  را محاسبه کنیم.

فرض کنید که  $\Theta$  نشان‌دهنده آماره Fisher\_Snedecor از نمودار دوره‌ای  $mhAoV$  باشد (یعنی از برازش سری فوریه) که برای پارامترهای  $1 + \hat{n} = 2N$ ، تعداد  $n$  مشاهده و  $\tilde{n} = n - \hat{n}$  درجه آزادی محاسبه شده است. برای به دست آوردن  $n_{corr}$  مقدار  $P_1$  به‌صورت رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$P_1 = 1 - F\left(\hat{n}, \frac{\hat{n}}{n_{corr}}; \frac{\Theta}{n_{corr}}\right) = I_z\left(\frac{\hat{n}}{2n_{corr}}, \frac{\hat{n}}{2}\right) \quad (\text{رابطه ۶})$$

### پیشینه تجربی

برکیش (۱۳۹۴)، با استفاده از ضرایب تبدیل موجک (نگاره مقیاس. زمان)، ویژگی‌های سری زمانی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران هنگام مواجهه با سقوطها و زنجیره‌های نزول را بررسی کرده است. در این پژوهش، از شاخص به‌دست‌آمده بر مبنای ضرایب تبدیل موجک و داده‌های شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار برای بررسی و پیش‌بینی سقوط بازار بورس تهران استفاده شده است. نتایج این پژوهش و بررسی نشان داد که شاخص نام‌برده از توان بالایی برای پیش‌بینی و رصد سقوطهای شدید شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران برخوردار است و می‌تواند به‌عنوان روشی برای پیش‌بینی تغییرات ناگهانی آن استفاده شود.

پازوکی، حمیدیان، محمدی و محمدی (۱۳۹۲)، میزان ارتباط و هم‌بستگی بازارهای مالی را بررسی کردند. در این پژوهش، از تبدیل موجک برای تجزیه سری‌های زمانی قیمت نفت، قیمت طلا، نرخ ارزهای مختلف و شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران به مؤلفه‌های با مقیاس‌های زمانی مختلف آنها استفاده شده و در نهایت میزان هم‌بستگی متغیرهای نام‌برده در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه و تجزیه و تحلیل شده است. نتایج نشان دادند که میزان هم‌بستگی این متغیرها در بازه‌های زمانی مختلف متفاوت بوده و با میزان هم‌بستگی مستقیم محاسبه‌شده بین متغیرها نیز تفاوت دارد. در ضمن، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، حتی در مواقعی که میان دو متغیر هم‌بستگی مستقیم معناداری وجود ندارد، هم‌بستگی‌های معناداری در بازه‌های زمانی مختلف وجود دارند.

صادقی و دهقانی فیروزآبادی (۱۳۹۵)، اهمیت مفهوم مقیاس - زمان و به‌کارگیری فواصل زمانی متفاوت در رفتار بازارهای مالی را بررسی کردند. هدف این پژوهش، آن است که آیا حذف نوفه از سری زمانی می‌تواند دقت تصمیم‌گیری برای آینده را بالا ببرد؟ بدین منظور، ابتدا شاخص‌های انتخاب‌شده از بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تبدیل موجک تا پنج سطح برای ۵۲۰ داده تجزیه شده، سپس از تمامی آنها نوفه‌زدایی شد. در مرحله، بعد برای سنجش نوفه‌زدایی، دو



روش به کار گرفته شد؛ خوشه‌بندی شاخص‌های منتخب به روش دندروگرام و دیگری پیش‌بینی سری‌زمانی شاخص کل با استفاده از داده‌ها و استفاده از داده‌های نوفه‌زدایی شده به دو روش موجک هار و دابشیز. نتایج هر دو روش حکایت از عملکرد بهتر نوفه‌زدایی با استفاده از موجک دابشیز در این سری‌های زمانی داشت.

صادقی و بهبودی (۱۳۹۵)، در پژوهش خود بیان کردند که نظریه ارزش فرین، برای بررسی رفتار دنباله توزیع، چارچوبی قوی فراهم می‌کند. نوسان‌های نرخ دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰، به‌عنوان قلمرو موضوعی این پژوهش در نظر گرفته شده است. با بررسی توزیع بازده‌های لگاریتمی، فرض نرمال بودن این بازده‌ها رد شد و بدین جهت، نظریه ارزش فرین مبنای محاسباتی این پژوهش در نظر گرفته شد. نتایج نشان دادند که به‌کارگیری رویکرد نظریه ارزش فرین در مدل‌سازی نوسان‌های دلار آمریکا، در مقایسه با سایر مدل‌هایی که فرض نرمال بودن را مبنای محاسباتی خود قرار می‌دهند، برآزش بهتری دارد.

سجاد، هدایتی و هدایتی (۱۳۹۳)، مقدار ارزش در معرض خطر را با استفاده از هفت روش مختلف از جمله نظریه ارزش فرین و برای سه سطح اطمینان، برای بازده لگاریتمی شاخص کل بورس تهران، نرخ برابری دلار و یورو به‌صورت روزانه محاسبه کرده‌اند. در این پژوهش به‌منظور پیش‌بینی نوسان‌های بازده از مدل GARCH استفاده شده است. برای بررسی کفایت دقت مدل‌های به‌کار گرفته شده، از آزمون‌های نسبت شکست‌های کوپیک، کریستوفرسن و تابع زیان لویز استفاده شد. نتایج نشان دادند که محاسبه ارزش در معرض خطر با استفاده از روش‌های سنتی به‌طور لزوم به نتایج مناسبی نمی‌انجامد و در برخی از موارد استفاده از نظریه ارزش فرین و در نظر گرفتن نوسان‌های شرطی برای داده‌ها موجب نتایج بهتری می‌شود این نتایج بیشتر در سطح اطمینان‌های بالاتر مشهودتر است.

درودی و ابراهیمی (۱۳۹۵)، در پژوهش خود سعی کردند مدل هیبریدی نوینی ارائه کنند تا بتواند روند حرکتی و تغییرات شاخص را با بیشترین دقت پیش‌بینی کند. در این مدل، ابتدا با استفاده از تبدیل موجک، سری‌زمانی شاخص به شش سری‌زمانی مجزایی که ویژگی‌های غیرخطی و متلاطم شاخص مد نظر را نمایندگی می‌کند، تفکیک شد. سپس، سری‌های زمانی استخراج‌شده با رفتار غیرخطی، با استفاده از ترکیب مدل ماشین بردار پشتیبان و بهینه‌سازی ازدحام ذرات و سری‌های زمانی مبتنی بر رفتار متلاطم شاخص کل با بهره‌گیری از مدل GJR پیش‌بینی شدند، سپس با جمع نتایج به‌دست‌آمده از پیش‌بینی دوماً غیرخطی و متلاطم شاخص قیمت، سری‌زمانی شاخص کل قیمت برآورد شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که مدل هیبریدی ارائه‌شده این پژوهش در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی، خطای کمتری داشته و از دقت بیشتری برخوردار است.

سارنج و نورمحمدی (۱۳۹۶)، رویکردهای مختلف ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار روی داده‌های روزانه شاخص صنعت بانکداری طی دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ را با تأکید بر رویکرد ارزش فرین شرطی، رتبه‌بندی کردند. در مرحله نخست، برای بررسی اعتبار پیش‌بینی مدل‌های مختلف، از روش‌های پس‌آزمایی پوشش برنولی و آزمون استقلال تخطی برای VaR و آزمون مک نیل و فری برای ES استفاده شد. در مرحله دوم، توابع زیان مدل‌های معتبر باقی‌مانده از مرحله نخست وارد تابع MCS شده و رتبه‌بندی آماری انجام شد. تابع زیان استفاده‌شده در مدل‌های VaR،

تابع زیان داو و در مدل‌های ES، اولسن بود. نتایج نشان داد در هر دو مدل VaR و ES و در سطح اطمینان ۹۹ درصد، رویکردهای ارزش فرین شرطی با فرض پسماندهای استاندارد شده نرمال، ارزش فرین شرطی با فرض پسماندهای استاندارد شده تی استیودنت و گارچ با پسماندهای تی استیودنت به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را دارند.

نیکوسخن (۱۳۹۷)، یک مدل ترکیبی جدید با بهره‌مندی از مزایای روش گروهی مدل‌سازی داده‌ها GMDH و الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب II NSGA برای پیش‌بینی دقیق‌تر روند حرکت و تغییرات شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و مقایسه توانایی آن با مدل ARIMA بر اساس معیارهای سنجش خطا شامل RMSE، MAPE و TIC را ارائه کرد. در پژوهش نام‌برده از داده‌های شاخص کل قیمت و بازده نقدی در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. از مدل ترکیب GMDH-II NSGA، شبکه GMDH به‌عنوان مدلی مقاوم در برابر داده‌های نویزی و نامانای برای پیش‌بینی و از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA برای کمینه‌سازی خطای پیش‌بینی و انتخاب متغیرهای ورودی بهینه استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از مدل ترکیبی ارائه‌شده در این پژوهش، بر اساس هر سه معیار سنجش خطا، بیان‌کننده خطای کمتر و دقت پیش‌بینی بیشتر آن در مقایسه با مدل ARIMA برای داده‌های خارج از نمونه است. شهرزادی، فروغی و امیری (۱۳۹۸) تأثیر مقطعی ریسک دنباله چپ بر بازده مازاد مورد انتظار را آزمون پرداختند و احتمال استمرار بازده دنباله چپ در دوره آتی نیز را بررسی کردند. در این پژوهش، برای اندازه‌گیری ریسک دنباله چپ، از دو معیار ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار استفاده شد. بدین منظور، نمونه‌ای شامل ۱۲۰ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶ انتخاب شد. فرضیه پژوهش با استفاده از روش رگرسیون فاما و مکبت بررسی و آزمون شد و تعیین میزان احتمال استمرار بازده دنباله چپ به دوره آتی با استفاده از ماتریس انتقال، انجام گرفت. بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده از فرضیه پژوهش، ریسک دنباله چپ اثر منفی و معناداری بر بازده مازاد مورد انتظار دارد. همچنین یافته‌ها نشان دادند که بازده منفی دنباله چپ در دوره آتی با احتمال بیش از ۵۰ درصد استمرار دارد.

فلاح پور و طبسی (۱۳۹۹)، به‌منظور برآورد ریزش مورد انتظار، مدلی جدید ارائه کردند. مدل ارائه‌شده، مدلی ترکیبی با استفاده از نظریه ارزش فرین بوده و از داده‌های درون‌روزی نیز بهره گرفته است. روش استفاده‌شده در این پژوهش دارای دو گام است. گام نخست به برآزش مدل معرفی‌شده و مدل‌های جایگزین با استفاده از داده‌های بورس تهران پرداخته و در گام دوم مدل‌های برآزش‌شده پس‌آزمایی شدند. یافته‌های حاصل از پژوهش نشان دادند که مدل فراتر از آستانه شرطی مولتی فرکتال که از داده‌های درون‌روزی بهره گرفته، در مقایسه با مدل‌های جایگزین نظیر فراتر از آستانه شرطی گارچ در برآورد ریسک بازار عملکرد بهتری داشته است. بر اساس نتایج پژوهش، استفاده از نظریه ارزش فرین و داده‌های درون‌روزی موجب بهبود برآورد ریسک بازار شده است.

همان‌طور که در اکثر پژوهش‌های داخلی مشخص است، داده‌های استفاده‌شده مربوط به شاخص بورس اوراق بهادار تهران بوده و در این پژوهش، برای استخراج مقادیر فرین طبق داده‌های شرکتی، الگوریتم استفاده‌شده، به کار برده

نشده است. همچنین رویکرد استفاده شده در پژوهش حاضر تحلیل طیفی است که رویکردی ترکیبی از سایر علوم به خصوص علم نجوم بوده که در پژوهش‌های دیگر استفاده نشده است.

ژانگ، یانگ و هی<sup>۱</sup> (۲۰۱۹)، بهبود یادگیری عمیق در مدل‌سازی رویدادهای فرین در پیش‌بینی سری‌های زمانی را بررسی کردند. بررسی‌ها نشان دادند که ضعف روش‌های یادگیری عمیق در تابع زیان توانی متداول ریشه دارد. آنها با به‌کارگیری زیان ارزش فرین و مدول شبکه‌ای حافظه به چارچوب کاملی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی دست یافتند. سابریا و لورو (۲۰۱۷)، با به‌کارگیری شیوه‌های مختلف تخمین ارزش در معرض ریسک زیان مورد انتظار، طبق داده‌های بورس لیسبون، ریشه‌های نام‌برده را ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که روش گارچ نامتقارن در نظریه ارزش فرین، در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و زیان مورد انتظار به‌خصوص در سطوح محافظه‌کارانه، عملکرد بهتری دارد.

جیون، هانگ و ونگ<sup>۲</sup> (۲۰۱۷)، الگوهای تکرارشونده در قیمت سهام را برای پیش‌بینی دقیق قیمت سهام در آینده، بررسی و طراحی کردند. با استفاده از الگوریتم بسته‌بندی تغییرات زمانی، الگوهای همانند با وضعیت موجود قیمت سهام تعریف شدند. با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام، ویژگی‌های مؤثر بر قیمت سهام انتخاب شدند. ویژگی‌های مربوط به عنوان عوامل یاددهنده در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شدند تا قیمت سهام پیش‌بینی شود. در پایان با به‌کارگیری فاصله جارو - وینکلر و تخمین سمبلیک کل صحت الگوریتم طراحی شده بررسی شد.

من هایر<sup>۳</sup> (۲۰۱۸)، در پژوهشی بازارهای مالی بر اساس نظریه ارزش فرین را بررسی کرد. او در پژوهش خود به دنبال توصیف رفتار بازارهای مالی به عنوان یک مجموعه و تابعی از تغییرات قیمتی و زمانی بر اساس تفاوت در حجم قیمت‌های پیشنهادی خرید و فروش در یک دوره زمانی واحد بود. بر اساس این رویکرد، شناخت مقادیر فرین امکان‌پذیر است. در این پژوهش، مفهوم مقادیر حداکثری به عنوان مقوله‌ای خاص در اندازه‌گیری مقادیر ارزش فرین تبیین و شناسایی می‌شود. نتیجه‌گیری پژوهش نشان داد، اگرچه می‌توان مقادیر ارزش فرین را تخمین زد، اما نمی‌توان زمان وقوع آن را با قطعیت مشخص کرد.

## روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نوع کاربردی، از نظر هدف توصیفی و از نظر افق زمانی دوره‌ای است. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. با توجه به دوره مورد مطالعه که از ابتدای سال ۱۳۷۷/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۲/۲۹ است، نمونه انتخابی شامل ۱۰۵ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. معیار انتخاب نمونه، کلیه شرکت‌هایی است که اطلاعات قیمتی آنها در دسترس بوده و در دوره مورد مطالعه در تابلوی معاملاتی بورس اوراق بهادار معامله شده و وقفه معاملاتی بیش از شش ماه نداشته باشند. داده‌های قیمتی سهام

شرکت‌ها از سایت مرکز پردازش مالی ایران جمع‌آوری شده و نرم‌افزار استفاده‌شده برای تحلیل داده‌ها متلب است. مبانی نظری و پیشینه پژوهش از روش کتابخانه‌ای و استفاده از مقالات و کتاب‌های لاتین و فارسی است. برای تحلیل داده مراحل ذیل انجام شده است.

ابتدا قیمت سهام‌های انتخاب‌شده در نمونه بر اساس رابطه ۷ به بازده تبدیل می‌شود.

$$R_t = \frac{p_t}{p_{t-1}} - 1 \quad (\text{رابطه ۷})$$

در این رابطه  $p_t$  و  $p_{t-1}$  به ترتیب قیمت سهام در دوره‌های متوالی هستند.

وجود سری زمانی طولانی‌تر به استخراج اطلاعات مناسب‌تر کمک خواهد کرد. سری زمانی گسسته بازدهی هر شرکت را با  $\{R_i\}$  نشان داده و بر اساس رابطه ۸ مقادیر ارزش فرین برای هر شرکت در دوره زمانی بررسی‌شده انتخاب می‌شود.

$$\min(R_1, \dots, R_n) = -\max(-R_1, \dots, -R_n) \quad (\text{رابطه ۸})$$

در رابطه ۹ مقادیر ارزش فرین مرتبط با هر شرکت بر اساس زمان وقوع منظم می‌شود.

$$\{R_{it}\}_{t=1}^n = (R_{i1}, \dots, R_{in}) \quad (\text{رابطه ۹})$$

توزیع به‌دست‌آمده را می‌توان با اتصال نقاط مقادیر فرین، به صورت یک سری زمانی در نظر گرفت.

ابتدا بر اساس توزیع به‌دست‌آمده، دوره نگار لامب، اسکارگل بر اساس رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود. از آنجا که مدل‌سازی فوریه با تعیین تعداد محدودی از هم‌سازها انجام می‌شود، دوره نگار ابزار مفید و مؤثری برای دستیابی به این منظور است. دوره نگار واریانس جزئی سری را بر حسب فراوانی نشان داده است که این عامل مجموع تغییرات را به عنوان یک کلیت و در فرکانس‌های مختلف تحلیل می‌کند. با توجه به اینکه مدل‌سازی نام‌برده بررسی مقادیر حداقلی است، از مؤلفه سینوسی فقط در تخمین مدل استفاده می‌شود.

$$|\hat{x}_{LS}(v)|^2 = \left[ \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}) \sin(2\pi v(t_k - \tau)) \right]^2 \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

محاسبه دوره نگار طبق رویکرد لامب لسکارگل، طبق شبکه ثابت فرکانسی و به همراه گام‌های فرکانسی  $\Delta v = \frac{1}{T}$  محاسبه شده و نقطه اوج حداکثری توانی، بر اساس مدلاسیون سینوسی طبق سری‌های زمانی تعیین می‌شود. نمودار حاصل از روش حاضر، دارای خطوطی متقاطع و بی‌کیفیت است و برای حل مسئله برای تعیین مقادیر دقیق دوره‌ای بر اساس مراحل ذیل، از رویکرد تحلیل واریانس چندهارمونیک استفاده می‌شود.

با توجه به سری زمانی به دست آمده بر اساس رویکرد مک نیل، فری و ایمبرچتس، میانگین حداکثر زیان سالیانه برای مشخص کردن سطح بازده برای زیان‌های استرس‌زا محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه روزهای معاملاتی، ۲۵۲ روز در سال است، بر اساس رابطه ۱۱ سری داده‌ها با گام ۲۵۲ روزه سری بندی مجدد می‌شوند.

$$\bar{R}_t = \sum_{t=1}^{252} \frac{R_t}{t} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در تحلیل طیفی سری زمانی، می‌توان از رویکرد بیش نمونه‌گیری<sup>۱</sup> در فرکانس برای اصلاح فرکانس‌های خطی متقاطع و بی کیفیت استفاده کرد که در واقع از گام  $\Delta v = \frac{1}{KT}$  استفاده می‌شود. مقدار  $K$  بیانگر بیش نمونه‌گیری است. حال می‌توان با استفاده از تحلیل واریانس چند - هارمونی (شوازیبرگ و کزرنی)، مقادیر فراوانی و تعداد دوره و آماره تنا و میزان کیفیت آن را در راستای بررسی دقیق دوره تناوب محاسبه کرد. تبیین این رویکرد در بخش پیشینه پژوهش ارائه شده است.

بر اساس سری زمانی تناوبی، مدل فوریه طبق رابطه ۱۲ تخمین زده می‌شود.

$$R_t = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \sin 2\pi f_i t \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

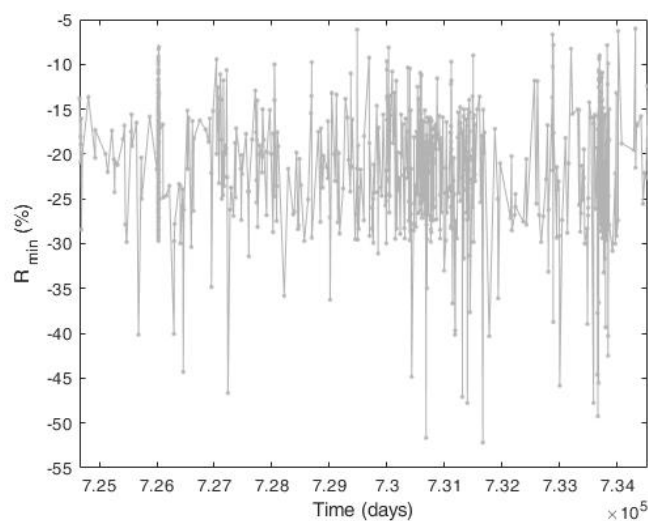
در رابطه بالا  $R_t$  مقادیر سری ارزش فرین شرکت‌ها در زمان  $t$  و  $f_i$  فراوانی تکرار مشاهدات است. در این رابطه، مؤلفه سینوسی حول یک میانگین ثابت  $a$  رفتار سری را تعیین می‌کند. اهمیت این رابطه به این دلیل است که در توصیف پدیده‌های نوسانی اهمیت دارد. در واقع مؤلفه‌های سینوسی هم‌سازهایی هستند که در شکل‌گیری رفتار تناوبی مؤثرند.

### یافته‌های پژوهش

نمودار شکل ۱ مقادیر حداکثری زیان را بر اساس توزیع بعد زمان طی دوره ۱۳۷۷/۰۱/۵ تا ۱۳۹۷/۱۲/۲۹ نشان می‌دهد. مقادیر حداکثری با نقطه در نمودار ترسیم شده و جدول آمار توصیفی مقادیر نامبرده را ارائه کرده است.

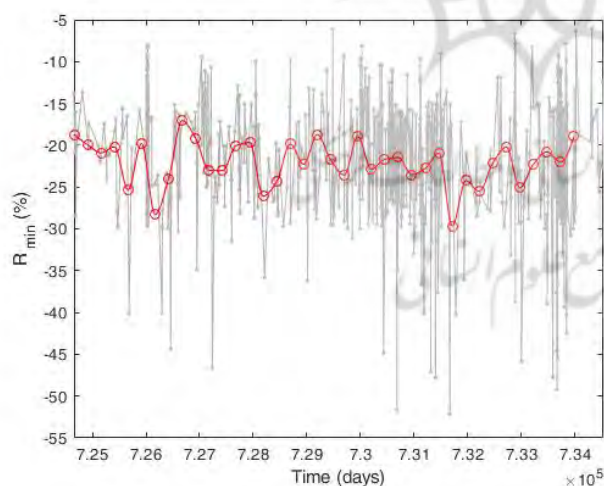
جدول ۱. آمار توصیفی متغیر ارزش فرین

متغیر / آماره	میانگین	حداکثر	حداقل	چولگی
$R_{it}$	-۲۲/۶	-۰/۵۳	-۰/۰۵	-۰/۶۲



شکل ۱. توزیع زمانی مقادیر حداکثر زیان

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به ماهیت داده‌ها که مقادیر منفی است، این داده‌ها دارای چولگی به سمت چپ هستند و مقدار دنباله سمت چپ به عدد  $-0/67$  می‌رسد. با تغییر در نوع نگرش به داده‌های به‌دست‌آمده و اتصال نقاط به یکدیگر دارای یک سری زمانی مشخص برای تحلیل هستیم. بر اساس رابطه ۴ داده‌های به‌دست‌آمده با گام ۲۵۲ روزه سری‌بندی شده و سپس بر اساس نقاط به‌دست‌آمده درون‌یابی به روش مکعبی<sup>۱</sup> چندضابطه‌ای با شکل مستمر انجام شده است. نمودار حاصل این درون‌یابی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. مقادیر میانگین بر حسب گام ۲۵۲ روزه

با توجه به رابطه ۵ و با استفاده از نرم‌افزار متلب مقادیر مربوط به دوره‌نگار به‌همراه مقدار تتا و کیفیت برازش داده‌های موجود محاسبه شده است. بخشی از نتایج مشاهدات در جدول مشاهده می‌شود.

1. Cubic interpolation

جدول ۲. بخشی از نتایج حاصل از دوره‌نگار با رویکرد تحلیل واریانس چندهارمونیکی

رتبه هم‌ساز	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تنا	۵/۵۳۷	۱/۳۹۹	۱/۳۷۴	۱/۳۰۷	۱/۲۲۴	۱/۱۲۰
دوره بازگشت	۴۶۰	۷۶۰	۶۱۳	۳۵۵	۱۸۹	۲۵۴
کیفیت	۸۹	۷۳	۶۵	۴۹	۳۹	۳۵

با توجه به جدول، مشاهده می‌شود که شش هم‌ساز مهم نخست، به ترتیب اهمیت هارمونیک‌های ۳۵۵، ۱۸۹، ۲۵۴، ۶۱۳، ۷۶۰ و ۴۶۰ دارند. در صورتی که بخواهیم سری را با هم‌ساز رتبه اول تقریب بزنیم، از رابطه سینوسی زیر استفاده می‌کنیم.

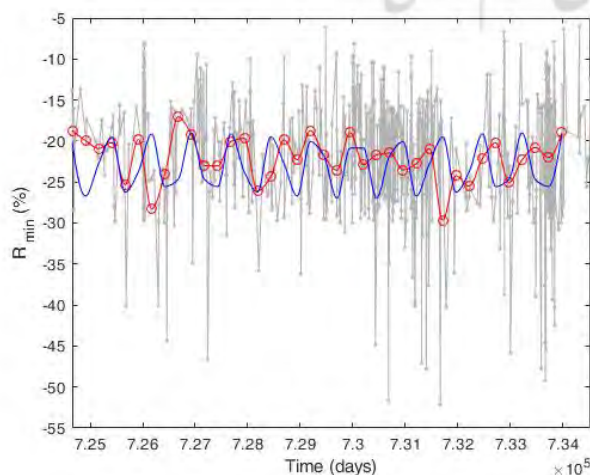
$$R_t = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \sin 2\pi f_i t \quad \text{رابطه ۱۳}$$

برازش مقادیر  $a_0$ ،  $a_1$  بر اساس روش کمترین مربعات خطای رگرسیون به صورت زیر است. بر اساس رابطه ۱۱ الگوی مقادیر حداکثر زبان به وسیله یک مؤلفه سینوسی و زاویه فاز تعیین می‌شود. این مدل، به عنوان برازنده‌ترین الگوی تحلیلی قرار داده شده است.

جدول ۳. پارامترهای برازش شده از رابطه ۱۱

متغیر	مقدار	سطح معناداری
$a_0$	-۰/۲	<۰/۰۰۱
$a_1$	۰/۱	<۰/۰۰۱

مقادیر برازش شده مربوط به الگوی تعیین شده همراه با سری مشاهدات در شکل ۳ دیده می‌شود. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، اولاً رفتار مقادیر برآورد شده همانند میانگین‌های سالیانه دارای دوره تناوب سینوسی است.



شکل ۳. الگوی برازش شده از رابطه ۱۱

ثانیاً، مقادیر برازش شده به میزان شایان توجهی مقادیر داده‌های واقعی را پوشش داده‌اند. جدول ۴ نتایج حاصل از نکویی برازش رابطه ۱۱ را نشان می‌دهد.

جدول ۴. نتایج حاصل از نکویی برازش رابطه ۱۱

پارامتر	مقدار
P <sub>1</sub>	۰/۶۷
	۰/۷۸

بنابراین، این الگو دارای صلاحیت لازم برای بیان رفتار سری زمانی داده‌ها به صورت پیوسته است. با این وصف، ضروری است که مدل به لحاظ درستی و با روش‌های دیگر نیز آزمون شود.

### بررسی درستی تشخیص مدل

ضریب هم‌بستگی و ضریب تعیین، معیارهایی هستند که هر یک به نحوی درصد موفقیت الگو را در توصیف سری زمانی نشان می‌دهد. در این الگو ضریب هم‌بستگی ۰/۹۴ و ضریب تعیین ۰/۷۸ و خطای استاندارد باقی‌مانده ۱/۱۸ محاسبه شده است. بنابراین الگوی به دست آمده قادر است ۸۴ درصد از تغییرات را نشان دهد. جدول تحلیل واریانس رابطه ۱۱ را نشان می‌دهد.

جدول ۵. جدول تحلیل واریانس رابطه ۱۱

منبع	درجه آزادی (d.f)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	آماره فیشر (F)	سطح معناداری (P-Value)
رگرسیون	۲	۹۱۷۴۶	۴۴۳۶۷	۱۲۵۶۵	<۰/۰۰۱
خطا	۱۲۱۷	۴۳۴۰	۴		
مجموع	۱۲۱۸				

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

رویکرد سنتی ارزش در معرض ریسک در موارد معدودی در پیش‌بینی رویدادهای فرین دقت کافی ندارد. این رویکرد بر اندازه‌گیری از ریسک که با توزیع تجربی بازده‌ها تطابق داشته باشد، متمرکز است. پژوهشگران و دانشمندان در پژوهش‌های مؤخر، از رویکرد نظریه ارزش فرین استفاده کرده و آن را بررسی کردند. پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه مدل‌های پیش‌بین ریزش‌های ناگهانی به‌طور عمده ادعا دارند که روش ارائه‌شده می‌تواند به‌نحو مناسبی این ریزش‌ها را پیش‌بینی کند. برکیش و اکرمی (۱۳۹۴)، پازوکی و همکاران (۱۳۹۲) و صادقی و دهقانی فیروزآبادی، در پژوهش‌های خود با به‌کارگیری روش تبدیل موجک نتیجه‌گیری کرده‌اند که این روش در فرایند پیش‌بینی مقادیر فرین مناسب‌تر است. از سوی دیگر، پژوهش‌های ژانگ و همکاران و جیون و همکاران (۲۰۱۸)، با به‌کارگیری شیوه ماشین یادگیرنده،



نشان دادند که این روش قابلیت پیش‌بینی متناسب ریزش‌های ناگهانی را دارد. پژوهش‌های سجاد و همکاران (۱۳۹۳) و فلاح پور و طبسی (۱۳۹۹) و درودی و ابراهیمی (۱۳۹۵)، با به‌کارگیری روش‌های ترکیبی و هیبریدی، روش‌های پیش‌بینی ریزش بازارهای مختلف را اولویت‌بندی کرده‌اند. در پژوهش حاضر، به مسئله سری‌های زمانی در زمینه ریزش‌های عمیق، نگاهی متفاوت و البته بین‌رشته‌ای شده است. مدل‌سازی استفاده‌شده تحلیل زمانی پیشرفته با رویکرد ترکیبی توزیع زمانی ارزش‌های فرین با ترکیب دوره‌نگار آنالیز واریانس هم‌ساز است که به‌طور عمده در رشته نجوم و سایر شاخه‌های مختلف علوم به‌کار گرفته شده و این رویکرد در سری‌های زمانی مالی نیز استفاده‌شده است. در شرایط کلی روش معرفی‌شده در این پژوهش برای الگوسازی هر سری‌زمانی گسسته با فاصله زمانی مختلف کاربرد دارد. در سری‌های پیوسته نیز با تقسیم محور زمان به فواصل مساوی، می‌توان سری پیوسته را به یک سری گسسته با فاصله مساوی تبدیل کرد و از روش معرفی‌شده برای مدل‌سازی بهره برد.

در این پژوهش، ضمن معرفی روش مدل‌سازی تحلیل واریانس چندهارمونیکی یک الگوی متناسب با بازده‌های فرین بر اساس یک سری بیست‌ساله تعیین شد. مدل به‌دست‌آمده شامل متغیر توضیحی ثابت و متغیر توضیحی سینوسی بر اساس هم‌ساز ۴۶۰ برای برآورد است. نتایج نشان دادند که با به‌کارگیری رویکرد ارائه‌شده، می‌توان پیش‌بینی‌های مناسبی از حرکت بازار بورس اوراق بهادار داشت، به‌نحوی که با جمع‌آوری مقادیر فرین و به‌کارگیری رویکرد دوره‌نگار مقادیر خاصی برای تخمین مدل و پیش‌بینی به دست خواهد آمد.

پیشنهاد پژوهش حاضر آن است که فعالان و تحلیلگران بازارهای مالی به‌ویژه آنها که به‌نحوی با پیش‌بینی بازار سرمایه و ریسک‌های ناشی از آن مواجه هستند، به‌جای استفاده از روش‌های مرسوم که اغلب با فرض نرمال بودن توزیع بازده‌ها، ریسک را برآورد می‌کنند، با استفاده از روش و الگوریتم‌های استفاده‌شده در این پژوهش، پیش‌بینی خود را ارائه دهند. پیشنهاد می‌شود، در پژوهش‌های آتی، سایر بازارها از جمله بازار نفت و ارز نیز بررسی شوند. همچنین، می‌توان در پژوهش‌های آتی احتمال وقوع مقادیر فرین بر اساس رویکرد ارائه‌شده را محاسبه کرد. تعیین سایر الگوهای شناسایی‌شده در داده‌های مقادیر فرین در بازه‌های زمانی مختلف نیز می‌تواند برای پژوهش‌های آتی استفاده شود.

## منابع

برکیش، احمدقلی (۱۳۹۴). تحلیل زنجیره‌های نزول بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تبدیل موجک. *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۶(۲۵)، ۱۵۵-۱۷۴.

پازوکی، نیما؛ حمیدیان، اکرم؛ محمدی، شاپور؛ محمودی، وحید (۱۳۹۲). استفاده از تبدیل موجک جهت بررسی میزان همبستگی نرخ ارزهای مختلف، قیمت نفت، قیمت طلا و شاخص بورس اوراق بهادار تهران در مقیاس‌های زمانی مختلف. *دانش سرمایه‌گذاری*، ۲(۷)، ۱۳۱-۱۴۸.

- سارنج، علیرضا؛ نوراحمدی، مرضیه (۱۳۹۶). رتبه‌بندی آماری مدل‌های مختلف ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار با استفاده از رویکرد مجموعه اطمینان مدل (MCS) برای صنعت بانکداری: با تأکید بر رویکرد ارزش فرین شرطی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۸(۳۰)، ۱۳۱-۱۴۶.
- سجاد، رسول؛ هدایتی، شهره؛ هدایتی، شراره (۱۳۹۳). برآورد ارزش در معرض خطر با استفاده از نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران. دانش سرمایه‌گذاری، ۳(۹)، ۱۳۳-۱۵۶.
- دردی، دیاکو؛ ابراهیمی، سیدبابک (۱۳۹۵). ارائه روش هیبریدی نوین برای پیش‌بینی شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار. تحقیقات مالی، ۱۸(۴)، ۶۱۳-۶۳۲.
- شهرزادی، مهشید؛ فروغی، داریوش؛ امیری، هادی (۱۳۹۸). اثر ریسک دنباله چپ بر بازده مازاد مورد انتظار و پیامد آن بر استمرار بازده دنباله چپ. تحقیقات مالی، ۲۱(۴)، ۵۹۳-۶۱۱.
- صادقی، حجت‌اله؛ بهبودی، سعیده (۱۳۹۵). تخمین ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه ارزش فرین (مطالعه‌ای در نرخ ارز). مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۴(۲)، ۷۷-۹۴.
- صادقی، حجت‌اله؛ دهقانی فیروزآبادی، زهرا (۱۳۹۶). نوفه زدایی از سری‌های زمانی مالی با استفاده از آنالیز موجک. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی)، ۸(۳۳)، ۲۹۹-۳۱۵.
- فلاح‌پور، سعید؛ طبسی، حامد (۱۳۹۹). برآورد ریزش مورد انتظار بر اساس نظریه ارزش فرین شرطی با استفاده از مدل مولتی فرکتال و داده‌های درون‌روزانه در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی، ۲۲(۱)، ۲۷-۴۳.
- نیکوسخن، معین (۱۳۹۷). ارائه یک مدل ترکیبی بهبودیافته با انتخاب وقفه‌های خودکار برای پیش‌بینی بازار سهام. تحقیقات مالی، ۲۰(۳)، ۳۸۹-۴۰۸.

## References

- Barkish, A. (2015). Analysis of downwards waves in Tse with wavelets. *Financial engineering and security management*, 6(25), 155-174. (in Persian)
- Dorodi, D. & Abrahimi, B. (2017). Presenting a new hybrid method for predicting the Stock Exchange price index. *Financial Research Journal*, 18(4), 613-632. (in Persian)
- Fallahpour, S., & Tabasi, H. (2020). Estimation of Expected Shortfall Based on Conditional Extreme Value Theory Using Multifractional Model and Intraday Data in Tehran Stock Exchange. *Financial Research Journal*, 22(1), 27-43. (in Persian)
- Jeon, S., Hong, B., Chang, V. (2017). Pattern graph tracking-based stock price prediction using big data. *Future Generation Computer Systems*, 80, 171-187.
- Jung, A., Young, D., Hue, S. (2019). Handling Black Swan Events in Deep Learning with Diversely Extrapolated Neural Networks. *Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence and Seventeenth Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence*, 2140-2147

- Lomb, N.R. (1976). Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Astrophysics and Space Science*, 39, 447-462.
- Manhire, J. (2018). Measuring Black Swans in Financial Markets. *Journal of Mathematical Finance*, 8(1), 277-239.
- Nikusokhan, M. (2018). An Improved Hybrid Model with Automated Lag Selection to Forecast Stock Market. *Financial Research Journal*, 20(3), 389-408. (in Persian)
- Pazoki, N., Hamidian, A., Mohammadi, Sh., & Mahmoudi, V. (2013). Correlation Analysis of Stock Exchange Index, Oil price, Exchange Rate and Gold price: A Wavelet Decomposition Method. *Knowledge investment*, 2(7), 131-148. (in Persian)
- Sabrina, M. & Levo, D. (2017). The Neural Basis of Loss Aversion in Decision-Making under Risk. *Science*, 18(315), 255-269.
- Sadeghi, H. & Behboodi, S. (2016). Using Extreme Value Theory to Estimate Value at Risk (Case Study: Foreign Exchange rate). *Asset management & financing*, 4(2), 77-794. (in Persian)
- Sadeghi, H. & Dehghani firoozabadi, Z.(2017). Denoising of financial time series using wavelet analysis. *Financial engineering and portfolio management*, 8(33), 299-315. (in Persian)
- Sajjad, R., Hedayati, Sh., Hedayati, Sh. (2013). Estimation of Value at Risk by using Extreme Value Theory. *Knowledge investment*, 3(9), 133-156. (in Persian)
- Saranj, A., Nourahmadi, M. (2017), Statistical ranking of different VaR and ES models by using Model Confidence Set approach for the banking industry: With an emphasis on Conditional Extreme Value Theory. *Financial engineering and security management*, 8(30), 131-146. (in Persian)
- Scargle, J. D. (1982). Studies in astronomical time series analysis. *Astrophysical Journal*, 343, 835-853.
- Schwarzenberg, A., Czerny, P. (1998). The distribution of empirical periodograms: Lomb–Scargle and PDM spectra. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 3(21), 831-840.
- Shahrzadi, M., Foroghi, D., & Amiri, H. (2019). The Effect of Left Tail Risk on Expected Excess Returns and Its Consequences on the Persistence of Left Tail Returns. *Financial Research Journal*, 21(4), 593-611. (in Persian)