



## اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک شرطی پرتفوی با روش FIGARCH-EVT در بورس اوراق بهادار تهران

محمد رضا لطفعلی پور<sup>۱</sup>

مهديه نصرتی<sup>۲</sup>

ابوالفضل قدیری مقدم<sup>۳</sup>

مهدی فیلسرابی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۰۱

### چکیده

در حال حاضر دقت برآورد ریسک پرتفوی برای مدیران سرمایه‌گذاری مسئله بسیار مهمی است انتخاب مدلی که واریانس را وابسته به زمان محاسبه می‌کند به جای اینکه واریانس را ثابت در نظر می‌گیرد موجب مدل سازی بهتر داده‌ها در واقع هدف این پژوهش پیاده سازی یک روش ترکیبی محاسبه ارزش در معرض ریسک شرطی ( $CVaR^1$ ) است که تلاطم را در ویژگی خوشه‌ای مدل سازی کرده و مقدار  $CvaR$  را با در نظر گرفتن ویژگی دنباله پهنی به طور دقیق محاسبه کند. به این منظور مدلهایی از خانواده ARCH<sup>۲</sup> را در نظر گرفته شده است که ویژگی خوشه‌ای بودن را در مدل لحاظ کرده، علاوه بر آن تئوری مقدار فرین ( $EVT^3$ ) را در نظر می‌گیرد که بر دنباله پهن داده‌ها تمرکز دارد. داده‌های پژوهش مربوط به سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۴ می‌باشد و به صورت روزانه از نرم‌افزارهای رهاوردنوین و TseCline استخراج شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای MATLAB (۲۰۱۵) و EXCEL (۲۰۱۳) انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که استفاده از روش  $FIGARCH-EVT^4$  منجر به تخمین دقیق‌تری از  $CVaR$  نسبت به روش  $HS^5$  می‌شود. روش  $FIGARCH-EVT$  در مقایسه با روش  $GARCH-EVT$  دقت بیشتری دارد. و به طور کلی مدلهایی که واریانس ناهمسانی را در نظر می‌گیرند نسبت به روش  $HS$  از دقت بالاتری برخوردارند.

**واژه‌های کلیدی:** ارزش در معرض ریسک شرطی، تئوری مقدار فرین، پرتفوی  $FIGARCH-EVT$ .

۱- استاد، گروه اقتصاد، موسسه غیر انتفاعی حکیمان بجنورد، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته حسابداری، موسسه غیر انتفاعی حکیمان بجنورد، ایران (نویسنده مسئول)  
Mnosrati13587@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه حسابداری، موسسه غیر انتفاعی حکیمان بجنورد، ایران.

۴- دانشجوی دکترا حسابداری، گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی بجنورد، ایران.

## ۱- مقدمه

فضای حاکم بر بازارهای مالی و سرمایه گذاری به قدری نامطمئن و پر ابهام است که مدیران ریسک در موسسات مالی، نگران کاهش ارزش دارایی‌ها حتی در طی روز آینده می‌باشند برای مطالعه آماری دنیای مالی، تمرکز بر توزیعهای متقارن<sup>۸</sup> با گشتاورهای متناهی<sup>۹</sup> مانند توزیعهای نرمال و تی استیودنت<sup>۱۰</sup> کافی نیست. بحرانهای مالی نشان داده است که آنچه قابل چشم پوشی نیست، دنباله توزیعها است. نظریه ارزش فرین<sup>۹</sup> بر دنباله توزیع تمرکز دارد، و توزیع مقادیر بسیار بزرگ یا بسیار کوچک را توصیف می‌کند. برای محاسبه این معیار بایستی بردنباله توزیع تغییرات ارزش سبد تمرکز کرد. انگل<sup>۱۱</sup> مدل ARCH را معرفی کرد که در این مدل واریانس در طی زمان، بعنوان تابعی از خطاهای گذشته تغییر می‌کند. [۱۱] بین و لاورنت<sup>۱۱</sup> مدلی با ویژگی انباشته کسری با تغییر مارکوف از خانواده GARCH ارائه دادند یافته‌های آنها حاکی از این واقعیت بود که تاثیر متقابل قوی بین تغییر ساختار و حافظه بلندمدت در واریانس وجود دارد. [۷] CvaR به دلایل مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است یکی از دلایل سادگی و قابل توضیح بودن مفهوم آن است. این سنجه میزان نگرانی را بر حسب درصد و کمیت پولی بیان می‌کند علت دیگر الزامات قانونی از طرف قانون گذاران بازار پول و سرمایه و شرکت‌های بیمه می‌باشد. در نظر گرفتن واریانس غیر ثابت و ناهمسان نشان می‌دهد که مقدار CvaR در صورتی دقیق تر برآورد خواهد شد که وابستگی به زمان داشته باشد. برای حل مشکل فوق مدل‌های اقتصاد سنجی نظیر مدل‌های خود رگرسیون ناهمسانی شرطی (ARCH) و خود رگرسیون ناهمسانی شرطی کلی (GARCH) مطرح می‌شوند این مدل‌ها با در نظر گرفتن فرض نرمال بودن شرطی برای سری بازده، به خوبی تغییرات تلاطم را در محاسبه CvaR لحاظ می‌کنند. از خاصیت‌های مهم بازده مالی خاصیت دنباله پهنی آنها می‌باشد. در این پژوهش به منظور بررسی دنباله پهن داده‌های مالی تئوری مقدار فرین (EVT) در نظر گرفته شده است. FI-GARCH-EVT در بکارگیری مناسب از رویکرد GARCH و رویکرد EVT مطرح می‌شود.

## ۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

سجاد و گرجی (۱۳۹۱) فرآیند تصحیح تورش با روش باز نمونه گیری بوت استرپ<sup>۱۲</sup> را به منظور برطرف نمودن کاستی‌های مدل گارچ نرمال در برآورد ارزش در معرض ریسک بکار گرفته‌اند. نتایج نشان داد که فرآیند تصحیح تورش توانایی برآورد مدل گارچ نرمال در سطوح اطمینان بالا را بهبود داده است نتایج با مدل شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده مورد مقایسه قرار گرفت و نشان داد برتری‌های روش نمونه‌گیری بوت استرپ موجب بهبود کاستی‌های مدل GARCH نرمال می‌شود [۲]. ارزش در معرض ریسک را با استفاده از نظریه ارزش فرین مدل‌سازی شده است و با ارزش در معرض ریسک به روش واریانس-کوریانس و شبیه‌سازی تاریخی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در دنباله سمت راست توزیع داده‌ها، در تمامی سطوح تئوری ارزش فرین موجب تخمین دقیق تری از VaR می‌شود. [۱]

برای بررسی تحقیقات مربوط به پهن بودن دنباله توزیع داده‌ها می‌توان به پژوهش شاهمرادی و زنگنه (۱۳۸۶) اتکا کرد. آنها با استفاده از روش پارامتریک، وبا استفاده از چهار مدل از مدل‌های گارچ؛ ارزش در معرض ریسک را برای پنج شاخص بورس اوراق بهادار محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که در این مدل‌ها رفتار میانگین و واریانس داده‌ها به طور مطلوبی بیان شده است و فرض توزیع استیودنت بهبودی در نتایج برآوردها ایجاد نمی‌کند. [۳]

قدرت برازش و قدرت پیش‌بینی مجموعه ای از مدل‌های انتقالی گارچ ماکوف (SW-GARCH) با استفاده از داده‌های بازار بورس اوراق بهادار تهران طی سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ مقایسه شد. نتایج تجربی نشان داد برای پیش بینی تلاطم‌های بازار سهام ایران، عملکرد مدل‌های انتقالی گارچ ماکوف با توزیع خطای  $t$  و با درجه آزادی متغیر بین دو رژیم بسیار بهتر از مدل‌های گارچ معمولی است. [۵] VaR پارامتری با استفاده از خانواده مدل‌های ARCH در بورس اوراق بهادار تهران محاسبه شده است. محققان این پژوهش با توجه به ویژگی‌های داده‌های مالی سه توزیع نرمال، تی-استیودنت<sup>۱۳</sup> و توزیع خطای تعمیم یافته را برای تخمین مقدار VaR مورد بررسی قرار دادند و نتیجه کلی این پژوهش بیان داشت که استفاده از توزیع‌های دنباله پهن موجب تخمین دقیق‌تر ارزش در معرض ریسک می‌شود [۴]. یوسف و همکاران (۲۰۱۵) VaR را با سه روش FIGARCH, FIAPARCH و HYGARCH و با در نظر گرفتن تئوری مقدار فرین تخمین زدند نتایج آنها نشان داد که مدل FIGARCH بر اساس تئوری مقدار فرین نسبت به روش‌های دیگر ارزش در معرض ریسک را با دقت بیشتری تخمین می‌زند. آنها نشان دادند که سه فاکتور حافظه بلند مدت، عدم تقارن و توزیع دنباله پهن داده‌ها موجب بهبود مدیریت ریسک دارایی‌ها می‌شوند بعلاوه میزان تلاطم را در بازار سوخت و انرژی بالا می‌برند [۲۳]. به منظور پیش بینی تلاطم در بازار طلا مدل‌های  $GARCH(1, 1)$ ,  $FIGARCH(1, d, 1)$ ,  $IGARCH(1, 1)$  با استفاده از داده‌های روزانه بکار رفته است، که مدل  $FIGARCH(1, d, 1)$  بهترین مدل در محاسبه واریانس شرطی بازدهی طلا و پیش بینی تلاطم بود. [۹] پژوهش‌گران تونس هم روش‌های مشابهی را بکار برده‌اند آنها روش ترکیبی GARCH-EVT را در داده‌های بورس اوراق بهادار تونس پیاده کردند و مدل  $GARCH(1,1)$  ایستا و EVT ایستا و شبیه سازی تاریخ را با  $GARCH-EVT$  مقایسه کردند و با استفاده از آزمون بازخورد نتیجه گرفتند که عملکرد مدل  $GARCH-EVT$  مناسب‌تر است [۸]

روش FIGARCH در پیش‌بینی تغییرات بازدهی نرخ ارز در بازار رومانی استفاده شده است بر اساس نتایج آن تغییرات نرخ ارز به صورت انباشت کسری است و سرعت بازگشت به میانگین در آن بالا است. [۲۰]

وجود حافظه بلندمدت در بازار سهام هند با استفاده از مدل‌های ARFIMA و FIGARCH مورد بررسی قرار گرفته است نتایج مدل ARFIMA نبود حافظه بلند مدت در سری بازده بازار سهام هند را پیشنهاد داد ولی نتایج FIGARCH شواهد قوی دال بر وجود حافظه بلند مدت در واریانس شاخص سهام را نشان داد [۱۶]

تخمین ارزش در معرض ریسک با استفاده از تئوری مقدار فرین و  $GARCH(1,1)$  در بورس اوراق بهادار استرالیا انجام شد. در این پژوهش از مدل EVT برای پسماندهای مدل گارچ در داده‌های شاخص ASX-All Ordinaries استرالیا و شاخص S&P 500 استفاده شده است و مقدار VaR بر اساس مدل پویای GARCH-EVT عملکرد بهتری دارد. [۱۳]

### ۳- روش شناسی پژوهش

شاخص اندازه گیری ریسک اولین بار از طریق مطالعات شاخص پراکندگی آماری محاسبه گردید. هری مارکوویتز (۱۹۵۲) با ارائه مدلی کمی به اندازه گیری ریسک پرداخت و با معرفی مدل مبتنی بر ریسک و بازده نخستین بار مفهوم ریسک را در کنار بازده قرار داد. [۱۷] ابتدا به معرفی دو سنجه ارزش در معرض ریسک ( $var^{۱۴}$ ) و CVaR می‌پردازیم. ارزش در معرض ریسک یک متغیر تصادفی زیان  $X$  که با  $Var_p(x)$  یا  $x_p$  نشان می‌دهند به شرح زیر تعریف می‌شود.

$$Var_p(x) = \inf\{x_p \in R; P(X > x_p) \geq p\} \quad (۱)$$

در صورتی که توزیع متغیر تصافی  $X$  نرمال باشد نگاه VaR یک سنجه منسجم است. [۱۹] بعلاوه این مطلب برای تمام توزیع‌های بیضوی صادق است [۱۸]. به هنگام محاسبه  $var$  به دلیل روش‌های عددی خطای تخمین بوجود می‌آید همچنین ریسک مدل به دلیل عدم تحقق فرضیات مدل در واقعیت بالا می‌رود. در حالت کلی VaR به دلیل نداشتن خاصیت زیرجمعی، به عنوان یک سنجه منسجم شناخته نمی‌شود. برای رفع این نقیصه از مفهوم CVaR استفاده می‌شود. که عبات است از زیان مورد انتظار به شرط آن که زیان بیش از صدک  $100p$ ام باشد در صورتی که  $X$  یک متغیر تصادفی پیوسته باشد تعریف فوق به صورت زیر قابل بیان است:

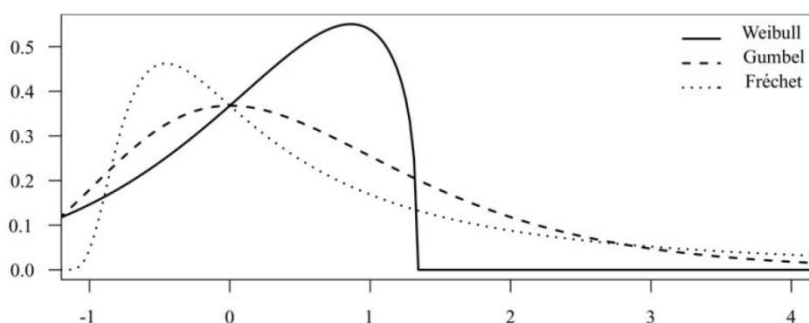
$$CVaR_p(X) = E(X|X > x_p) = \frac{\int_{x_p}^{\infty} x dF(x)}{1 - F(x_p)} \quad (۲)$$

می‌توان  $CVaR_p(X)$  را به صورت زیر نوشت. [۳۱]

$$CVaR_p(X) = E(X|X > x_p) = x_p + \frac{\int_{x_p}^{\infty} (x - x_p) dF(x)}{1 - F(x_p)} = VaR_p(X) + e(x_p) \quad (۳)$$

در رابطه فوق  $e(x_p)$  را تابع میانگین زیان اضافی<sup>۱۵</sup> می‌نامند.

بسیاری از تحقیقات نشان داده است که توزیع بازده داده‌ها متقارن نیست. استفاده از تئوری مقدار فرین برای در نظر گرفتن این ویژگی می‌تواند مفید باشد. این توزیع نوع نامتقارن بودن دنباله‌ها را تعیین می‌کند. در شکل‌گیری ارزش در معرض ریسک نیازی به در نظر گرفتن توزیع بازده‌ها نیست، زیرا آنچه در تحلیل ریسک اهمیت دارد اغلب در ناحیه دم توزیع قرار می‌گیرد. توزیع فرین بیان می‌دارد که دنباله همه توزیع‌ها به شکل یکی از سه دسته وایبل<sup>۱۶</sup> گامبل<sup>۱۷</sup> و فرچت<sup>۱۸</sup> می‌باشد. شکل ۱ این سه توزیع را نشان می‌دهد.



شکل ۱- توزیع‌های مقادیر فرین

مهمترین پارامتر در تحلیل تئوری مقدار فرین شاخص دم است که با  $\alpha$  نشان داده می‌شود. معکوس شاخص دم با  $\frac{1}{\alpha} = \xi$  نشان می‌دهند. توزیع بیشترین مقدار نمونه‌ای از متغیرهای هم توزیع و مستقل نرمال همگرا به یکی از توزیع‌های گامبل، فرچت و وایبل می‌باشد. بیان ریاضی این نتیجه به صورت (۴) می‌باشد:

$$\lim_T \left\{ \frac{M_T - a_T}{b_T} \leq x \right\} = H(x) \quad (4)$$

در رابطه فوق ثابت‌های  $a_T$  و  $b_T > 0$  موجود است که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$a_T = TE(X_1) \quad (5)$$

$$b_T = \sqrt{\text{var}(X_1)} \quad (6)$$

نمایش یک پارامتری توزیع مقادیر فرین تعمیم یافته را به صورت معادله (۷) معرفی شده است. [۱۲]: [۲۲].

$$H_{\xi}(X) = \begin{cases} \exp\{-(1 + \xi X)^{-1/\xi}\} & \xi \neq 0 \\ \exp\{-\exp(-X)\} & \xi = 0 \end{cases} \quad (7)$$

در صورتی که  $\xi > 0$  توزیع فوق فرچت و اگر  $\xi < 0$  توزیع را وایبل و اگر  $\xi = 0$  توزیع فوق تبدیل به گامبل می‌شود.

حال به معرفی بسط مدل‌های GARCH برای مدل‌سازی حافظه بلندمدت و ماندگاری زیاد تلاطم‌ها می‌پردازیم. تاثیر شوک بر واریانس شرطی آینده در مدل GARCH(p, q) با نرخ نمایی کاهش می‌یابد و در مدل‌های IGARCH(p, q) تا بی‌نهایت تاثیرش بر روی تمام وقفه‌ها باقی می‌ماند، و در مدل‌های FIGARCH(p, d, q) تاثیر شوک بر واریانس شرطی آینده با نرخ هذلولوی کاهش می‌یابد. [۲۱] بنابراین مدل‌های FIGARCH به صورت حد وسط مدل‌های GARCH و IGARCH در نشان دادن ساختار دینامیکی تلاطم‌ها ایفای نقش می‌کنند. مدل GARCH(1, 1) را می‌توان به شکل یک مدل ARMA(1, 1) با استفاده از مربع کردن پس‌ماندها نوشت. به طور کلی برای مدل GARCH(p, q) داریم:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (8)$$

که معادله فوق را می‌توان به سادگی به شکل زیر نوشت:

$$\varphi(L)\varepsilon_t^2 = a + b(L)u_t \quad (9)$$

$$u_t = \varepsilon_t^2 - \sigma_t^2 \quad (10)$$

$$\varphi(L) = 1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L^2 - \dots - \varphi_m L^m \quad (11)$$

$$b(L) = 1 - b_1 L - b_2 L^2 - \dots - b_q L^q \quad (12)$$

همچنین  $m = \max(p, q)$  و  $\phi_i = a_i + b_i$  می‌باشد. روشن است که عبارت فوق نشان دهنده فرآیند ARMA(p, q) است که پس‌ماندهای آن مربع شده است،  $u_t$  که جزء اخلاص یک دنباله تفاضلی مارتینگل است. ماندگاری زیاد در مدل‌های GARCH نشان‌دهنده این موضوع است که چند جمله‌ای  $\phi(z) = 0$  ریشه واحد دارد، در این حالت مدل GARCH به مدل گارچ انباشته (IGARCH) تبدیل می‌گردد. برای مدل‌سازی با ماندگاری بالا و حافظه بلندمدت در واریانس شرطی همچنین جلوگیری از پیچیدگی مدل‌های IGARCH، می‌توان فرآیند ARMA(m, q) را به شکل فرآیند ARFIMA(m, d, q)، به شرح زیر بسط داد:

$$\varphi(L)(1-L)^d \varepsilon_t^2 = a + b(L)u_t \quad (13)$$

هنگامی که کلیه ریشه‌های  $\Phi(z) = 0$  و  $b(z) = 0$  خارج از دایره واحد می‌افتند؛ اگر  $d = 0$  یا  $d = 1$  باشد عبارت فوق به یک مدل GARCH معمولی تبدیل می‌شود، و اگر  $d = 1$  به مدل IGARCH تبدیل می‌گردد و همچنین هنگامی که  $0 < d < 1$ ، مربع پس‌ماندهای تفاضلی جزئی،  $(1-L)^d \varepsilon_t^2$ ، از یک فرآیند ARMA(m, q) مانا تبعیت می‌کند. فرآیند ARFIMA فوق را برای  $\varepsilon_t^2$  می‌توان بر اساس واریانس شرطی  $\sigma_t^2$  به صورت رابطه زیر بازنویسی کرد:

$$b(L)\sigma_t^2 = a + [b(L) - \varphi(L)(1-L)^d]\varepsilon_t^2 \quad (14)$$

مدل فوق را GARCH انباشته جزئی، یا مدل FIGARCH(m, d, q) می‌نامند. [۶] هنگامی که  $0 < d < 1$  است، ضرایب در  $\Phi(L) = 0$  و  $b(z) = 0$  یا  $b(L) = 0$  دینامیک کوتاه‌مدت تلاطم‌ها را نشان می‌دهد و پارامتر تفاضلی جزئی  $d$  خاصیت بلندمدت تلاطم‌ها را مدل‌سازی می‌نماید. اگر عملگر لحاظ شده  $(1-L)^d$  را به وسیله بسط مک لورن گسترش دهیم، داریم:

$$(1-l)^d = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k-d)}{\Gamma(k+1)\Gamma(-d)} L^k \Rightarrow \quad (15)$$

در حالتی که  $k$  خیلی بزرگ باشد:

$$\frac{\Gamma(k-d)}{\Gamma(k+1)} \approx k^{-d-1} \quad (16)$$

رابطه فوق نشان‌دهنده آن است زمانی که  $0 < d < 1$  تاثیر شوک بر تلاطم‌های شرطی با نرخ هذلولوی کاهش می‌یابند و بنابراین تلاطم‌ها دارای حافظه بلندمدت هستند.

#### ۴- فرضیه‌های پژوهش

- **فرض اول:** استفاده از روش FIGARCH-EVT-CVaR منجر به تصریح دقیق‌تر CVaR نسبت به روش شبیه‌سازی تاریخی می‌شود.
- **فرض دوم:** محاسبه CVaR با روش FIGARCH-EVT-CVaR منجر به تصریح دقیق‌تر نسبت به روش GARCH-EVT-CVaR می‌شود.

#### ۵- یافته‌های پژوهش

ابتدا بازدهی شاخص بورس اوراق بهادار تهران محاسبه شد و یک حلقه برنامه نویسی تکرار کرده‌ایم در این حلقه مدل FIGARCH برای داده‌های پنجره تخمین برآزش داده شد سپس برای پسماندها تئوری مقدار فرین بکار رفت و شاخص دم را برآورد نمودیم. در نهایت مقدار تخمینی Var و CVaR در مدل FIGARCH

با بکار بردن نتایج حاصل از مدل تئوری مقدار فرین، بدست آمد. داده‌ها در این پژوهش مربوط به شاخص کل قیمت و بازده نقدی (TEDPIX) در دوره زمانی ۱۳۸۰/۱۲/۲۹ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ و شامل ۲۸۷۱ داده است که به صورت روزانه از نرم افزار رهاورد نوین و TseCline استخراج شده است؛ در تجزیه و تحلیل داده‌ها نرم‌افزارهای (2015) MATLAB و (2013) EXCELL بکار رفت. روش تخمین پارامترها باروش حداکثر درست‌نمایی تخمین زده شد. بعلاوه طول دوره مشاهدات ۱۰۰۰ و ۱۷۸۱ داده اخیر به عنوان دوره آزمون انتخاب شده است. متغیر استفاده شده در این پژوهش بازدهی داده‌های روزانه شاخص می‌باشد که یک متغیر کمی و پیوسته است، به صورت بازده مرکب پیوسته (بازده لگاریتمی) و بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

$P_t$  بیانگر مقدار شاخص در روز  $t$ ام است  $r_t$  را بازدهی مرکب پیوسته یا بازده لگاریتمی نیز می‌نامند.

در این پژوهش سطح اطمینان برای محاسبه ارزش در معرض ریسک یک روزه، ۹۹٪ در نظر گرفته شده است. برخی از آماره‌های توصیفی که ما را در شناخت ویژگی‌های بازدهی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران کمک می‌کند در جدول ۱ معرفی شده است

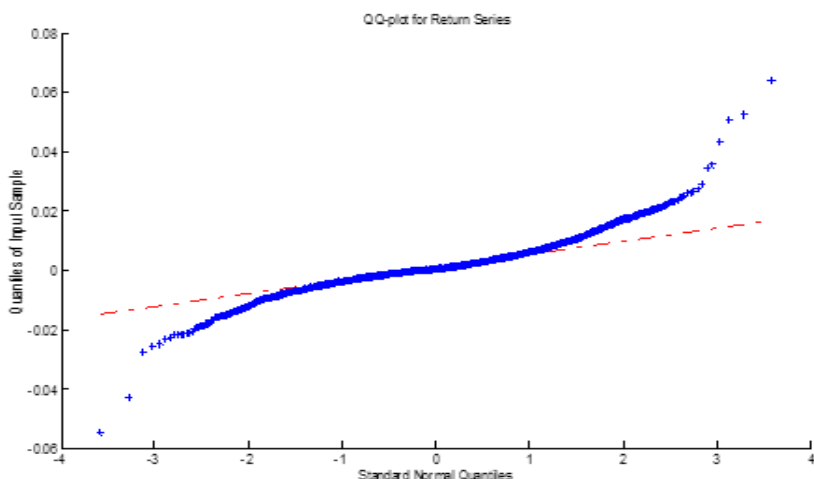
جدول ۱- آماره‌های توصیفی بازدهی شاخص کل بورس

مقدار پارامتر	پارامترهای نمونه‌ای
۰,۰۰۲۳۵	میانگین
۰,۰۰۱۴۰	میانه
۰,۰۰۰۰۰	نما
۰,۰۰۹۱۹	واریانس
-۰,۰۰۳۱۴	چارک اول
۰,۰۰۷۹۱	چارک سوم
-۰,۰۲۷۵۸	کمترین داده
۰,۰۳۴۴۰	بیشترین داده
۰,۱۷۷۷۶	اریبی
۳,۲۸۴۶۵	کشیدگی

مقادیر کشیدگی و اریبی نشان می‌دهد که به احتمال خیلی زیاد داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. یکی از خاصیت‌های مهم بازده مالی خاصیت دنباله پهنی آنها می‌باشد با استفاده از ترسیم نمودارچندک چندک (QQ-plot) وجود دنباله پهنی برای داده‌ها بررسی شده است. در این نمودار چندک‌های توزیع



تجربی در برابر چندک‌های توزیع تئوری نرمال ترسیم می‌شود. نمودار چندک-چندک در برابر توزیع نرمال نشان داد که دنباله توزیع شاخص بازده کل بورس تهران از توزیع نرمال پهن‌تر می‌باشد.



شکل ۲- نمودار چندک- چندک جهت بررسی توزیع بازده دارایی‌های مالی

آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱۹</sup> جهت بررسی فرض توزیع بازده‌ها از توزیع نرمال بکار رفته است، همچنین لیونگ باکس<sup>۲۰</sup> جهت بررسی اثر خود همبستگی بین بازده‌ها و نیز بین مجذور بازده‌ها انجام شده است.

جدول ۲- آزمون‌های انجام شده جهت بررسی بازدهی شاخص

سطح اطمینان	مقدار بحرانی	آماره آزمون	هدف آزمون	نوع آزمون
%۹۵	۰,۰۲۵۳	۰,۴۸۹۰	پیروی داده‌ها از توزیع نرمال استاندارد	کلموگروف-اسمیرنوف
%۹۵	۱۴,۰۶۷۱	۷۵۷,۵۸۳۳	بررسی اثر خود همبستگی بین بازده‌ها	لیونگ-باکس
%۹۵	۱۴,۰۶۷۱	۲۰۳,۲۲۷۴	بررسی اثر خود همبستگی بین مجذور بازده‌ها	لیونگ-باکس

جهت بررسی دقیقتر ویژگی داده‌های بازده شاخص، آزمون‌های جدول ۱ انجام شده است با توجه به مقادیر P-value فرض صفر که بیانگر پیروی داده‌ها از توزیع نرمال است را می‌توان رد کرد. آزمون لیونگ باکس به بررسی اثر خود همبستگی بین بازده‌ها می‌پردازد. فرض صفر این آزمون در MATLAB عدم وجود خود همبستگی می‌باشد با توجه به مقدار P-value فرض صفر رد می‌شود و خود همبستگی سریالی بین بازده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد و بر اساس P-value برای مجذور بازده‌ها نتیجه

می‌گیریم همبستگی سریالی برای تمام سطوح اطمینان بین مجذور بازده‌ها وجود دارد. از طرفی برای بررسی وجود حافظه بلند مدت در سری زمانی شاخص کل بورس اوراق بهادار از آزمون GPH استفاده شده است مقدار آماره‌ی آن ۳,۶۸۱۸ است و بزرگتر از ۰,۵۲۶۷ می‌باشد بنابراین فرض صفر رد می‌شود، و وجود حافظه بلند مدت تایید می‌شود.

### جدول ۳- آزمون انجام شده برای بررسی وجود حافظه بلند مدت شاخص بورس

آماره آزمون	سطح اطمینان	مقدار آماره آزمون	آماره d	نتیجه آزمون
GHP	٪۹۹	۳,۶۸۱۶	D=۰,۵۲۶۷	وجود حافظه بلند مدت

در آخرین مرحله برای معرفی مدل مناسب و نیز بررسی تعداد و استقلال استثنائات ابتدا آزمون پوششی غیر شرطی برنولی<sup>۲۱</sup> را که توسط کریستوفرسون<sup>۲۲</sup> معرفی شده است ملاک قرار می‌دهیم اگر دو یا چند مدل از منظر این آزمون مناسب بودند سپس آزمون استقلال را برای آنها بکار می‌بریم و در نهایت مدلی که متوسط تابع زیان لویز<sup>۲۳</sup> آن از همه کمتر باشد به عنوان مدل مناسب برگزیده می‌شود. [۱۵]

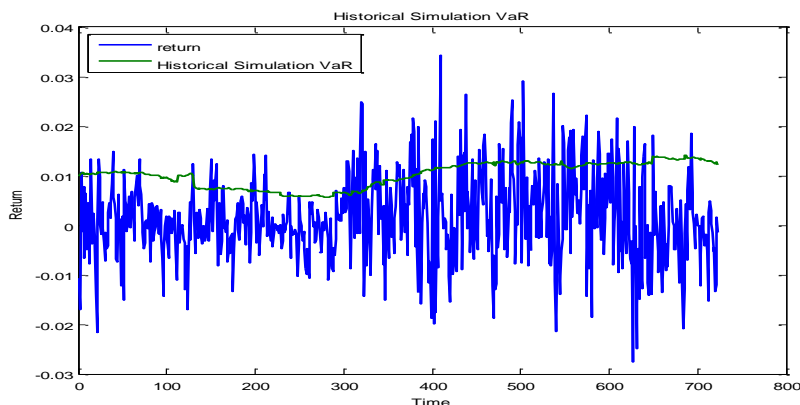
### جدول ۴- آزمون‌های بازخورد در سطح معنی داری ۰,۰۱ و پنجره مشاهدات به تعداد ۱۰۰۰ داده

(WE=1000)

مدل‌های تخمین VaR	آماره پوششی غیر شرطی	مقدار P-Value	آماره پوششی شرطی	مقدار P-Value	میانگین تابع زیان لویز
شبه‌سازی تاریخی (HS)	۵,۵۹۱۲	۰,۰۱۸۱	۵,۷۸۹۰	۰,۰۱۶۱	۰,۰۷۴۷
GARCH(1,1)-EVT	۳,۰۲۵۶	۰,۰۹۲۲	۰,۵۱۶۵	۰,۴۷۲۳	۰,۰۱۴۱
FIGARCH(1,1)-EVT	۲,۶۰۰۶	۰,۱۴۳	۰,۱۵۰۵	۰,۰۵۳۸۵	۰,۰۰۵۸

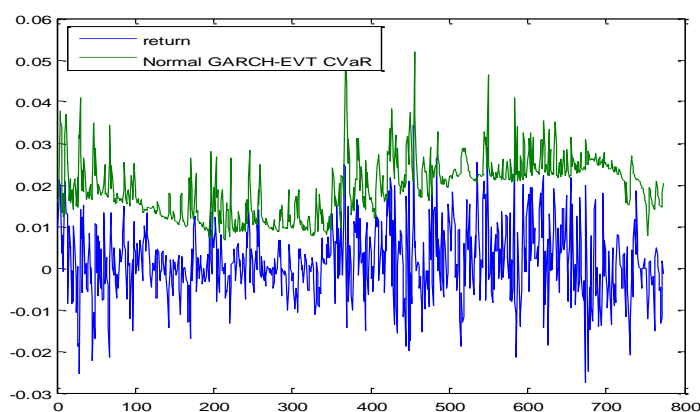
با توجه به نتایج حاصل از جدول ۳ فرض اول را نمی‌توان رد کرد. آزمون پوششی غیر شرطی نشان می‌دهد که مدل HS در سطح اطمینان ۹۵٪ از دقت قابل قبولی برخوردار نیست. در حالی که مدل FIGARCH-EVT-CVaR دقت خیلی خوبی در سطح اطمینان ۹۵٪ دارد بعلاوه نتایج آزمون پوششی شرطی نشان داد در مدل HS استثنائات مستقل از یکدیگر نمی‌باشند. تابع زیان لویز نیز برای مدل HS نسبت به مدل FIGARCH-EVT-CVaR خیلی بالا بود. بر اساس هر سه معیار عملکرد مدل FIGARCH-EVT-CVaR از مدل HS بهتر بود نمودار بدست آمده از نرم‌افزار متلب CVaR را بر اساس مدل HS در شکل ۳ نشان داده است و بطور شهودی می‌توان در خصوص تعداد استثنائات بیان داشت که این تعداد بیش از حد مجاز در دوره آزمون است. بعلاوه خوشه‌ای بودن استثنائات کاملاً مشهود می‌باشد.

شکل ۳- نمودار آزمون باز خورد در دوره آزمون با استفاده از شبیه‌سازی تاریخی

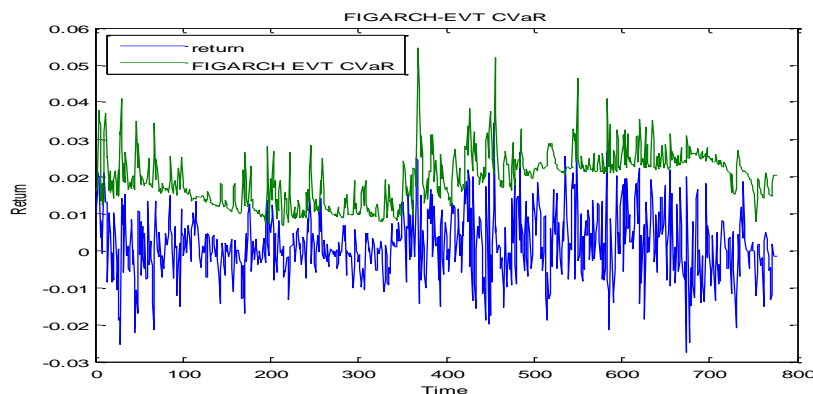


فرضیه دوم تایید می‌شود؛ مدل FIGARCH-EVT-CvaR علاوه بر ویژگی‌های مدل GARCH-EVT-CvaR ویژگی حافظه بلند مدت را هم در نظر می‌گیرد آزمون پوششی غیرشرطی نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵٪ مدل FIGARCH-EVT-CvaR از دقت قابل قبولی برخوردار است، بر اساس آزمون پوششی شرطی استثنائات مستقل از یکدیگر بودند ولی تابع زیان لاپس برای GARCH-EVT-CvaR نسبت به FIGARCH-EVT-CvaR بیشتر بود لذا FIGARCH-EVT-CvaR نسبت به GARCH-EVT-CvaR دقیق‌تر است. همچنین در روش GARCH-EVT-CVaR تعداد استثنائات تقریباً کمتر یا مساوی از حد مجاز در دوره آزمون بود. اما شواهدی دال بر خوشه‌ای بودن وقوع استثنائات جلب توجه نکرده است. (شکل ۴)

شکل ۴- نمودار آزمون باز خورد در دوره آزمون با استفاده از مدل GARCH-EVT



مدل FIGARCH به دلیل اینکه ویژگی‌های داده‌ها را بهتر در نظر می‌گیرد عملکرد بهتری از خود نشان داده است این نتایج بر اساس خروج نرم افزار متلب در شکل ۵ مشاهده می‌شود.



شکل ۵- نمودار آزمون باز خورد در دوره آزمون با استفاده از مدل FIGARCH-EVT

در شکل ۵ CVaR بر اساس مدل FIGARCH-EVT و بازدهی شاخص کل بورس محاسبه شده است. بطور شهودی، تعداد استثنائات تقریباً کمتر یا مساوی از حد مجاز در دوره آزمون بود و شواهدی دال بر خوشه‌ای بودن وقوع استثنائات جلب توجه نکرد. این مدل مقدار CVaR را در موقعیت‌های پرتلاطم بازار بطور قابل توجهی تعدیل کرد و از میان مدلهای دیگر تابع زیان لوپز آن کمتر بود.

#### ۵- نتیجه گیری و بحث

فرض اصلی و منحصر به فرد این تحقیق بررسی دقت تخمین تلاطم مدل FIGARCH در محاسبه CVaR نسبت به روش‌های تخمین تلاطم نظیر مدل GARCH و HS است. در حقیقت فرضیه تحقیق در پی این سوال پیش می‌آید که آیا مدل FIGARCH می‌تواند باعث بهبود تخمین Var در بورس اوراق بهادار تهران گردد یا خیر؟ فرض اول این پژوهش بیان می‌کند که استفاده از FIGARCH-EVT-CVaR منجر به تصریح دقیق‌تر CVaR نسبت به روش HS می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از جدول ۳ فرض اول را نمی‌توان رد کرد. بر اساس آزمون پوششی غیر شرطی مدل HS در سطح اطمینان ۹۵٪ دقت قابل قبولی نداشت. در حالی که مدل FIGARCH-EVT-CVaR دقت خوبی در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان داد بر اساس نتایج آزمون پوششی شرطی، که به بررسی استقلال استثنائات مدل از یکدیگر می‌پردازد، در مدل HS استثنائات مستقل از یکدیگر نبودند. تابع زیان لوپز نیز برای مدل HS نسبت به مدل FIGARCH-EVT-CVaR بالاتر بود. این نتایج با [۱۰] همراستا است. فرضیه دوم بیان می‌کند که محاسبه CVaR با روش FIGARCH-EVT-CVaR منجر به تصریح دقیق‌تر نسبت به GARCH-EVT-CVaR به دست می‌دهد، مدل

FIGARCH-EVT-CVaR علاوه بر ویژگی‌های مدل GARCH-EVT-CVaR ویژگی حافظه بلندمدت را هم در نظر می‌گیرد، آزمون پوششی غیر شرطی نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵٪ مدل FIGARCH-EVT-CVaR دقت قابل قبولی دارد. بعلاوه بر اساس آزمون پوششی شرطی استثنائات مستقل از یکدیگر بوده‌اند ولی تابع زیان لویز برای GARCH-EVT-CVaR نسبت به FIGARCH-EVT-CVaR بیشتر بود لذا FIGARCH-EVT-CVaR نسبت به GARCH-EVT-CVaR دقیق‌تر است. همانطور که انتظار می‌رفت مدل FIGARCH به دلیل اینکه ویژگی داده‌ها را بهتر در نظر می‌گیرد عملکرد بهتری از خود نشان داده است. نتایج این فرضیه با [۱۱] و [۳۵] مطابقت دارد. با توجه به نتایج آزمون پوششی غیر شرطی همانطور که انتظار می‌رفت استفاده از روش FIGARCH-EVT منجر به تخمین دقیق‌تر CVaR نسبت به GARCH-EVT و HS می‌شود. مدل FIGARCH-EVT دقت قابل قبولی دارد و استثنائات مدل از یکدیگر مستقل می‌باشند، مقدار CVaR بر اساس روش FIGARCH-EVT نسبت به تلاطم‌های شدید عکس العمل بهتری از خود نشان می‌دهد.

به طور کلی مدل‌هایی که واریانس ناهمسانی را در نظر می‌گرفتند از دقت بهتری نسبت به مدل HS برخوردارند. به منظور مدل‌سازی بهتر و در نظر گرفتن خاصیت حافظه بلندمدت به همراه اثرات اهرمی بر روی داده‌ها می‌توان از مدل FIGARCH که توسط بلسلو و میکلسن<sup>۲۴</sup> (۱۹۹۶) به عنوان توسیعی از مدل FIGARCH می‌باشد؛ استفاده نمود [۱۰]. از مدل‌های پیشنهادی دیگر می‌توان ST-FIGARCH جهت مدل‌سازی بهتر داده‌ها معرفی کرد این مدل به گونه‌ای طراحی شده است که حافظه بلندمدت و دینامیک غیر خطی واریانس شرطی را در برمی‌گیرد. [۱۴]

#### فهرست منابع

- \* زمانی ش، اسلامی بیدگلی س، کاظمی م. محاسبه ارزش در معرض ریسک شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از نظریه ارزش فرین. فصل نامه بورس اوراق بهادار ۱۳۹۲، دوره ۶، شماره ۲۱، صص ۱۱۵-۱۳۶.
- \* سجاد ر، گرجی م. برآورد ارزش در معرض ریسک با استفاده از روش باز نمونه‌گیری بوت استرپ. فصل نامه عملی پژوهشی مطالعات اقتصادی و کاربردی در ایران. (۱۳۹۱). دوره ۱، شماره ۱، صص ۱۳۷-۱۶۴.
- \* شاهمرادی آ، زنگنه م. محاسبه ارزش در معرض ریسک برای شاخص‌های عمده بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش پارامتریک. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی (پرتال جامع علوم انسانی). ۱۳۸۶، صص ۱۲۱-۱۴۹.
- \* محمدی ش، راعی ر، فیض آبادی. محاسبه ارزش در معرض ریسک پارامتریک با استفاده از مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی. تابستان ۱۳۸۷، دوره ۱۰، صص ۱۰۹-۱۲۴.

\* نظیفی م، فتاحی ش، صمدی س. مدل سازی و پیش بینی تلاطم‌های بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکوف. فصل نامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی. ۱۳۹۱، دوره ۳، شماره ۹، صص ۱۱۷-۱۴۱.

- \* Baillie, Richard, Bollerslev, Time & Mikkelsen, Hansole. Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. 1996, 73, 5–59.
- \* Beine, Michel, Laurent, Sebastian. Structural Change and Long Memory in Volatility: New Evidence from Daily Exchange Rates. Working Paper. University of Liege. 2000.
- \* Ben Soltane Hela, Karaa Adel, Bellalah Makram. Conditional VaR using GARCH-EVT approach: Forecasting Volatility in Tunisian Financial Market. *Journal of Computational & modeling*. 2012, vol.2, no.2.
- \* Benets R. Sonia. Forecasting volatility in gold returns under the GARCH, IGARCH and FIGARCH frameworks: New evidence. *Physica A*. (2015) 438: 355–364.
- \* Bollerslev Time, & Mikkelsen Handsole. Modeling and Pricing Long Memory in StockMarket Volatility. *Journal of Econometrics*. 1996 73 151–184.
- \* Engle Robert. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimation of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*. 1982. 50 4 987-1007.
- \* Jenkinson A. F. The frequency distribution of the annual maximum (minimum) values of meteorological events. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 1995 81:158-172.
- \* K. Singh Abhay, E Allen David, J Powell Robert. Value at Risk Estimation Using Extreme value theory. 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth Australi. 2011, 12–16
- \* Kilic Rehim. Long Memory and Nonlinearity in Conditional Variances: A Smooth Transition FIGARCH Model. *Journal of Empirical Finance*. 2009.
- \* Lopez Jose. Methods for Evaluating Value-at-Risk estimates. Federal Reserve Bank of San Francisco. *Economic Review*. 1999 2 3-17.
- \* Maheshchandra Joshi-prashant. Long Memory Property in Return and Volatility: Evidence from the Indian Stock Markets. *Asian Journal of Finance & Accounting*. 2012 4 2.
- \* Markowitz Hary. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. 1952 7 1 77-91
- \* McNeil Alexander, Frey Rodiger, Embrechts Poul. *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques, and Tools*. Princeton University Press. 2005
- \* Panjer, Harry H. *Operational risk: modeling analytics*. Vol. 620. John Wiley & Sons, 2006.
- \* Pelinecu Elena, Acatrinei Marius, Mariusmarius Marius. Modelling the high frequency exchange rate in Romania with FIGARCH. *Procedia. Economics and Finance*. 2014 15 1724 – 1731.
- \* Tayef Maryam, Ramanathan T. V. An Overview of FIGARCH and Related Time Series. *AUSTRIAN JOURNAL OF STATISTICS*. 2012 41 3: 175–196.
- \* Vonmises R. La distribution de la plus grande den valeurs. In *Selected Papers*. American Mathematical Society. Providence II (1954): 271-294.
- \* Youssef Manel, Belkacem Lotfi, Mokni, Khaled. Value-at-Risk estimation of energy commodities: A long-memory GARCH-EVT approach. *Energy Economics*. 2015 51: 99–110.

## یادداشت‌ها

---

1. Conditional value at risk
2. Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroskedasticity
3. Exterem value theory
4. Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity -EVT
5. Historical simulation
6. Symmetric distribution
7. Finite moments
8. T-student
9. Extreme value theory
10. Engel
11. Beine , laurent
12. Bootstrap resampling methods
13. t-student
14. Value at risk
15. Mean Excess Loss Function
16. weibull
17. Gumbel
18. Frechet
19. Kolmogorov- smirnov
20. Liung box
21. Bernoulli unconditional coverage test
22. christoffersen
23. lopez
24. Bollerslev and Mikkelsen