



## پیش‌بینی و مدل‌سازی تلاطم بازدهی سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های GARCH

سید رضا قاضی فینی<sup>۱</sup>

دانشجوی دکتری، گروه حسابداری، واحد کاشان، دانشگاه آزاد اسلامی

دکتر حسین پناهیان<sup>۲</sup>

دانشیار، گروه حسابداری، واحد کاشان، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: ۲۴ مهر ۱۳۹۶؛ تاریخ پذیرش: ۲ اسفند ۱۳۹۶)

هدف از این پژوهش مدل‌سازی و مقایسه قدرت پیش‌بینی کنندگی مدل‌های GARCH در پیش‌بینی تلاطم بازدهی سهام در بورس اوراق بهادار تهران است. از این‌رو دوره زمانی ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۵/۱۲/۳۰ بر مبنای بازدهی روزانه شاخص کل قیمت (TEPIX) شامل ۱۹۰۰ مشاهده انتخاب شد و مدل‌های GARCH، EGARCH، PGARCH، GJR، GARCH-M، FIGARCH و FIGARCH با رویکرد سری زمانی و تحت فرض توزیع مجانبی نرمال بررسی گردید و عملکرد پیش‌بینی این الگوها بر اساس معیارهای میانگین خطای معیار (MSE)، میانه خطای معیار (MedSE)، میانگین قدر مطلق خطای پیش‌بینی (MAE)، جذر میانگین مربعات خطاهای پیش‌بینی (RMSE) و ضریب نابرابری تایل (TIC) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل FIGARCH از نظر سه معیار MAE، RMSE و MAE دارای کمترین خطا است که نشان می‌دهد خوبی برازش این مدل از تمامی مدل‌های دیگر برای پیش‌بینی تلاطم بازدهی سهام بیشتر است. همچنین مشخص شد که بازدهی شاخص کل قیمت سهام (TEPIX) دارای تلاطم‌های خوشه‌ای است بدین معنی که با نوسانات کم، تلاطم کوچک در دوره‌های بعدی دارد و با نوسانات زیاد دچار تلاطم شدید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های GARCH، تلاطم، بازدهی سهام.

<sup>۱</sup> sr\_ghazi@yahoo.com

<sup>۲</sup> panahian@yahoo.com

## مقدمه

در امور مالی هر فردی به بررسی عدم اطمینان در مورد وقایع آتی و نتایج آن علاقه مند است. عدم اطمینان اغلب ریسک نامیده می‌شود و برای قیمت‌گذاری دارایی‌ها مانند اوراق مشتقه یا هر نوع ابزار مالی دیگر و همچنین برای مدیریت سبد سرمایه‌گذاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. ریسک معمولاً با تلاطم یعنی درجه‌ای از تغییر در برخی از دارایی‌ها اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به اهمیت تلاطم، یک علاقه گسترده برای مدل‌سازی در جهت پی بردن به ماهیت آن وجود دارد [۱۵].

اگرچه تحقیقات سنتی در اقتصاد مالی بر میانگین بازدهی‌های سهام متمرکز بوده‌اند، بیشتر توسعه‌های اخیر در بازارهای سهام بین‌المللی، علاقه پیشه‌وران، قانون‌گذاران و محققین را به سمت تلاطم این بازدهی‌ها افزایش داده است. برخی از سقوطها (بحران‌های مالی) و میزان تأثیرگذاری‌شان همه را ناگزیر نموده است تا با دقت بیشتری یکنواختی و ثبات تلاطم را در طول زمان بررسی کنند. محققان توجه خود را به سمت توسعه و بهبود مدل‌های اقتصادسنجی که قادر به انجام پیش‌بینی‌های دقیق از چنین نوساناتی در تلاطم بازده باشند، سوق داده‌اند [۱۸].

از سوی دیگر در پاسخ به اهمیت موضوع تلاطم، مدل‌های اقتصادسنجی فراوانی توسط محققین اقتصاد مالی در این خصوص ارائه شده است که این مهم از نیاز به مدل‌سازی شرایط عدم اطمینان و لزوم مدیریت ریسک نهفته در دارایی‌های مالی ناشی می‌شود. بازدهی دارایی‌های مالی معمولاً دارای سه ویژگی مهم است: تلاطم خوشه‌ای، رابطه نامتقارن (اهرم) و غیرخطی بودن. مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی به دلیل انطباق با این ویژگی‌ها، در تحقیقات مالی کاربرد فراوانی پیدا کرده‌اند [۸].

واضح است تحت شرایطی که ناهمسانی واریانس‌ها وجود دارد، میزان واریانس متغیر که مقداری است ثابت و نشان‌دهنده متوسط تلاطم می‌باشد، نمی‌تواند ساختار پویای تلاطم را به خوبی توضیح دهد. مدل‌های ARCH<sup>۱</sup> و GARCH<sup>۲</sup> به طور خاص برای پاسخ به این نیازها و مدل‌سازی جهت پیش‌بینی واریانس یا به عبارت بهتر بررسی پویای تلاطم‌ها طراحی شده‌اند. در این تحقیق از مدل‌های تک متغیره خانواده GARCH به صورت یکپارچه جهت بررسی سوالات و فرضیه تحقیق استفاده شده است تا علاوه بر دستیابی به اهداف تحقیق یک ارزیابی نسبتاً کلی از عملکرد مدل‌های فوق نیز انجام پذیرد.

## پیشینه تحقیق

بازارهای در حال توسعه نسبت به بازارهای توسعه‌یافته، از تلاطم بیشتری برخوردارند. همچنین بازارهای سرمایه در حال توسعه، دارای خصوصیات متفاوتی از جمله متوسط بازدهی بیشتر و همبستگی کمتر با بازارهای توسعه‌یافته می‌باشند [۷].

یک نمونه بارز از بازارهای سرمایه در حال توسعه، بازارهای سرمایه ایران است. همانند دیگر بازارهای در حال توسعه، ایران نیز اقدامات موثری در جهت توسعه بازارهای سرمایه خود انجام داده است که از این حیث می‌توان به خصوصی‌سازی، تسهیل در امور سرمایه‌گذاری خارجی و توسعه موسسات مالی اشاره

<sup>۱</sup> Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH)

<sup>۲</sup> Generalized ARCH (GARCH)

نمود. بنابراین بورس اوراق بهادار تهران به عنوان بازار سرمایه ایران، مطالعات و تحقیقات آتی زیادی را برای توسعه طلب می کند. با توجه به اینکه تلاطم یکی از مهم ترین متغیرهای ورودی برای تصمیمات سرمایه گذاری است، بنابراین مطالعه، مدل سازی و پیش بینی تلاطم بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران علیرغم مطالعات قبلی، امری ضروری به نظر می رسد.

### تلاطم

سرمایه گذاران به دنبال بهینه کردن میانگین و واریانس پرتفولیوی خود (میانگین بازده و ریسک مورد انتظار که نشانگر تلاطم قیمت دارایی است) هستند. تلاطم درجه ای از تغییرپذیری قیمت برای دارایی، نرخ یا شاخص معین است که معمولاً به صورت واریانس یا انحراف معیار بیان می شود [۴]. ویژگی ها مهم تلاطم بازدهی سهام که بسیاری از آن ها توسط بلسلو و دیگران (۱۹۹۴) شرح داده شده است، به شرح زیر می باشد. مدل های گارچ برای چیره گی بر مجموعه های خاصی از این ویژگیها طراحی شده اند [۱۱].

۱- بازدهی های غیرنرمال. ۲- بازگشت به میانگین تلاطم. ۳- خوشه های بودن تلاطم. ۴- هم حرکتی در تلاطم ها. ۵- تلاطم و همبستگی سریالی. ۶- اثرات اهرمی. ۷- صرف ریسک. ۸- دوره های غیرفعال. ۹- رخدادهای قابل پیش بینی. ۱۰- متغیرهای اقتصاد کلان و تلاطم.

مدل سازی نوسان در بازارهای مالی از ادبیات بسیار غنی برخوردار است. وجود الگوهای خوشه ای و الگوهای روزانه منجر به گسترش و توسعه مدل های GARCH شده است [۱]. در برخی از کاربردهای مدل ARCH که توسط انگل<sup>۱</sup> (۱۹۸۲) معرفی شد، معادلات واریانس شرطی با وقفه های نسبتاً طولانی مورد استفاده قرار می گیرند که تعیین ساختار وقفه ها برای جلوگیری از مشکل پارامترهای منفی در واریانس، ملزم می نماید تا بتوان فرآیندی با حافظه طولانی تر و ساختار وقفه انعطاف پذیرتر، از رده ARCH انتخاب نمود. مطالعات تجربی نشان دادند که برای تصریح مناسب الگوی ARCH(q) باید وقفه های بالایی از q لحاظ گردد. برای حل این مشکل، بلسلو<sup>۲</sup> (۱۹۸۶) در مقاله ای به معرفی مدل واریانس ناهمسان شرطی تعمیم یافته (GARCH) پرداخت. تصریح GARCH(p,q) به شکل زیر است:

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

به عبارت دیگر، مدل GARCH از سه بخش تشکیل می شود: جزء ثابت (w)، نوسانات دوره های گذشته  $\sum_{i=1}^p a_i \varepsilon_{t-i}^2$  و واریانس پیش بینی شده از دوره های گذشته  $\sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$ .

مدل GRACH به خوبی بسیاری از ویژگی ها بازارهای مالی از قبیل وجود دنباله های سنگین و تلاطم های خوشه ای در سری بازدهی را نشان می دهد. ولی این مدل، دارای یک محدودیت عمده می باشد و آن این است که واریانس شرطی منتج از مدل GRACH تنها به مقدار و اندازه ی شوکها ( $\varepsilon_t$ ) و نه علامت آن بستگی دارد. در حالی که ممکن است هدف، مطالعه ی رفتار بازار در قبال اثر اهرمی باشد. وجود اثر اهرمی،

<sup>1</sup> Engle

<sup>2</sup> Bollerslev

دلالت بر گرایش نامتقارن تلاطم ها نسبت به اخبار و شوکها دارد. بطوریکه اخبار و شوکهای منفی ( $\varepsilon_t > 0$ ) موجب تلاطمهای بیشتری در بازدهی می‌شوند. برای کنترل اثر نامتقارن اخبار بر تلاطم ها، الگوهای نامتقارن GRACH مطرح شده اند که معروف ترین آنها الگوی GRACH نمایشی یا EGARCH است که توسط نلسون<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) معرفی شده است.

نلسون (۱۹۹۱) الگوی گارچ نمایشی (EGARCH) را به صورت زیر پیشنهاد کرد:

$$\log(\sigma_t^2) = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \log(\sigma_{t-j}^2) + \sum_{i=1}^q \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| + \sum_{k=1}^r \gamma_k \frac{\varepsilon_{t-k}}{\sigma_{t-k}} \quad (2)$$

سمت چپ معادله به صورت لگاریتمی می‌باشد و نشانگر این نکته است که واریانس شرطی مثبت است و نیازی به ایجاد محدودیت در ضرایب ندارد. در صورتی که  $\gamma_k$  به صورت معناداری مخالف صفر باشد، آنگاه اثر اخبار بر نوسانات نامتقارن خواهد بود.

نوع دیگری از مدل‌های نامتقارن GARCH که می‌تواند اثرات اهرمی را مدل‌سازی نماید، فرآیند GARCH آستانه‌آست که به دلیل دقت بالای آن در تحقیقات ریسک به افتخار مبتکران آن (گلوستن، جاگناتان و رانکل<sup>۴</sup>؛ ۱۹۹۳) به نام GJR-GARCH معروف شده و دارای فرم تابعی زیر است:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \alpha_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^m \gamma_i S_{t-i} \alpha_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^n \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (3)$$

که در آن

$$S_{t-i} = \begin{cases} 1 & \text{if } a_{t-i} < 0 \\ 0 & \text{if } a_{t-i} \geq 0 \end{cases}$$

یعنی این که، بسته به مقدار  $a_{t-i}$  که در بالا یا پایین مقدار آستانه (صفر) یا هر عدد دلخواه دیگر قرار گیرد،  $a_{t-i}^2$  دارای اثرات متفاوتی بر واریانس شرطی  $\sigma_t^2$  است؛ به طوریکه برای  $a_{t-i} > 0$  اثر کل به وسیله  $a_i a_{t-i}^2$  تعیین می‌شود و هنگامی که  $a_{t-i} < 0$  باشد، اثر کل یک شوک وارد شده بر بازدهی به وسیله  $(a_i + \gamma_i) a_{t-i}^2$  اندازه‌گیری می‌گردد. می‌توان انتظار داشت که برای اخبار بد مقدار برآورد شده برای  $\gamma_i$  مثبت باشد.

در تلاشی دیگر برای معرفی الگوی جدید از خانواده GRACH، تیلور<sup>۵</sup> (۱۹۸۶) و شوارت<sup>۶</sup> (۱۹۸۹) مدل GARCH را بر اساس انحراف معیار مورد استفاده قرار دادند نه بر مبنای واریانس. در ادامه، مدل

<sup>1</sup> Exponential GARCH

<sup>2</sup> Nelson

<sup>3</sup> Threshold GARCH

<sup>4</sup> Glosten, Jagannathan and Runkle

<sup>5</sup> Taylor

<sup>6</sup> Schwert

GARCH توان<sup>۱</sup> یا PGRACH توسط دینگ، گرنجر و انگل<sup>۲</sup> (۱۹۹۳) با لحاظ نمودن جمله توان عمومیت یافت. شکل کلی مدل PGARCH به صورت زیر می باشد:

$$\sigma_t^\delta = \omega + \sum_{j=1}^p \beta \sigma_{t-j}^\delta + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-1}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta \quad (۴)$$

که در آن  $\delta > 0$ ،  $|\gamma_i| \leq 1$  برای  $i = 1, \dots, r$  و همچنین  $\gamma_i = 0$  برای تمامی  $i > r$  و  $r \leq p$  می باشد. در یک مدل نامتقارن  $\gamma_i$  برای تمامی  $i$  ها صفر خواهد بود.

در اقتصاد مالی، بازدهی یک ورقه بهادار ممکن است بر تلاطم آن وابسته باشد. مدلی با این ویژگی GARCH-M نامیده می شود، که در آن M به معنی «در میانگین» است.

یک مدل ساده GARCH-M (1,1) به صورت زیر نوشته می شود.

$$r_t = \mu + c\sigma_t^2 + a_t, \quad a_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (۵)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

که در آن  $\mu$  و  $c$  مقادیر ثابت هستند. پارامتر  $c$  حاشیه ریسک نامیده می شود. یک  $c$  مثبت نشان می دهد که بازدهی به صورت مثبت به متغیر تلاطم وابستگی دارد. در نوشتارهای اقتصادسنجی مالی دیگر مشخص نمایی های حاشیه ریسک نظیر  $r_t = \mu + c\sigma_1 + a_t$  نیز مورداستفاده قرار می گیرد [۱۴].

ماندگاری زیاد در مدل های GARCH می تواند نشان دهنده این موضوع باشد که چند جمله ای

ریشه واحد دارد، که در این حالت مدل GARCH به مدل GARCH انباشته

(IGARCH) تبدیل می گردد. برای ایجاد امکان مدل سازی با ماندگاری بالا و حافظه بلندمدت در

واریانس شرطی و برای این که از پیچیدگی مدل های IGARCH نیز جلوگیری شود، می توان عبارت

ارایه شده را، مشابه تبدیل فرآیند ARMA(m,q) به فرآیند ARFIMA(m, d, q)، بسط داد. بایلی،

بلرسلو و میکلسون<sup>۳</sup> (۱۹۹۶) مدل GARCH انباشته جزئی<sup>۴</sup> یا مدل FIGARCH(m,d,q) را

به صورت ذیل تعریف نمودند:

(۶)

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

$$u_t = \varepsilon_t^2 - \sigma_t^2$$

مدل FIGARCH به طور مستقیم نمایش توان دوم پس ماندها بوسیله ARMA را به یک مدل انباشته

کسری بسط می دهد. لیکن برای اطمینان از اینکه مدل عمومی FIGARCH مانا است و همچنین

واریانس شرطی  $\sigma_t^2$  همیشه مثبت است، لازم است محدودیت های پیچیده ای را به ضرایب مدل تحمیل

<sup>1</sup> Power GARCH

<sup>2</sup> Ding, Granger and Engle

<sup>3</sup> Baillie, Bollerslev and Mikkelsen

<sup>4</sup> Fractionally Integrated GARCH

نمود. هنگامی که  $0 < d < 1$  است، ضرائب در  $\phi(L) = 0$  و  $b(L) = 0$  دینامیک کوتاهمدت تلاطم

را نشان می‌دهند و پارامتر تفاضلی جزئی  $d$  خاصیت بلندمدت تلاطم را مدل‌سازی می‌نماید. با توجه به آنکه مدل EGARCH را می‌توان به صورت یک فرآیند ARMA با استفاده از لگاریتم واریانس شرطی نشان داد، بلسلو و میکلسون<sup>۱</sup> (۱۹۹۶) مدل انباشته کسری EGARCH، یا FIEGARCH را به صورت رابطه زیر پیشنهاد نمودند:

$$\phi(L)(1-L)^d \ln \sigma_t^2 = a + \sum_{j=1}^q (b_j |x_{t-j}| + \gamma_j x_{t-j}) \quad (7)$$

جائی که تعریف  $\phi(L)$  مطابق تعریف پیشین برای مدل FIGARCH است،  $\gamma_j \neq 0$  اجازه می‌دهد که اثر اهرمی در مدل در نظر گرفته شود و  $x_t$  پس‌ماندهای استاندارد شده است:

$$x_t = \frac{\varepsilon_t}{\sigma_t}$$

بلسلو و میکلسون (۱۹۹۶) نشان دادند که مدل FIEGARCH در صورتی که  $0 < d < 1$  باشد، مانا است.

#### بازدهی سهام

بازده سهام نشانگر درصد افزایش ثروت سرمایه‌گذار می‌باشد و بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r_t = \left( \frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} \right) * 100$$

که در آن،  $I_t$  بازدهی دوره  $t$ ،  $p_t$  و  $p_{t-1}$  به ترتیب شاخص قیمت سهام در پایان و در شروع دوره  $t$  و  $D_t$  سود نقدی پرداخت شده برای سهام طی یک دوره می‌باشد. بازدهی کل بازار نیز به همین ترتیب و با استفاده از شاخص کل بازار قابل محاسبه است. بدین ترتیب، بازدهی سرمایه‌گذاری از دو عامل تأثیر می‌پذیرد. الف) افزایش قیمت سهام که خود ناشی از عواملی همچون تغییرات کمی و کیفی سرمایه‌گذاری جدید و تورم می‌باشد. و ب) سود نقدی پرداخت شده که در این رابطه، شرکتی که سود نقدی کمتری پرداخت می‌کند، وجوه آن را احتمالاً صرف سرمایه‌گذاری جدید یا افزایش نقدینگی می‌کند که در نهایت موجب رشد بیشتر قیمت سهام آن شرکت می‌شود. با توجه به اینکه در نظر نگرفتن سود نقدی پرداخت شده سهام، تأثیر معنی داری بر بازدهی به وجود نمی‌آورد، می‌توان بازدهی را از رابطه زیر بدست آورد:

[۱۷]

$$r_t = \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right) * 100$$

<sup>1</sup> Bollerslev and Mikkelsen

<sup>2</sup> Fractionally Integrated Exponential GARCH

عموما سری های زمانی مالی به ویژه قیمت سهامها نامانا هستند، لیکن در عمل به جای قیمت، بازده سهامها مدل سازی می شوند که معمولا سری زمانی آن ها، مانا می باشد. بنا براین با توجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق از داده های روزانه شاخص کل قیمت یا TEPPIX جهت مدل سازی تلاطم بازدهی سهام استفاده شده است.

نظیفی نائینی (۱۳۹۰) عملکرد مدل های گارچ را در پیش بینی نوسانات بازار سهام بررسی نمود. وی در این تحقیق به برآورد مدل های گارچ بر روی شواهدی از بازار سهام ایران پرداخت و سپس با استفاده از بررسی های خارج از نمونه ای و معرفی ۷ تابع زیان آماری دقت پیش بینی هر یک از این مدلها را ارزیابی نمود. برای هر یک از مدل های EGARCH, GJR-GARCH و GARCH سه تابع زیان شامل توزیع خطای GED, t استیودنت و توزیع نرمال معرفی نمود. در این مطالعه از داده های قیمت سهام در روزهای باز بازار سهام (۵ روز در هفته) طی دوره ۱۳۷۶/۰۶/۰۷ تا ۱۳۹۰/۰۱/۱۴ و از شاخص کل قیمت سهام استفاده کرد. نتایج نشان داد که در برآورد و نیکویی برازش مدل GJR-GARCH، در پیش بینی کوتاه مدت مدل GARCH و در افق پیش بینی بلند مدت مدل EGARCH بهترین مدل می باشد [۵]. رستمی جلیلیان (۱۳۹۳) به مقایسه نتایج مدل های GARCH و شبیه سازی مونته کارلو در پیش بینی نوسانات قیمت سهام با استفاده از یک سری زمانی از داده های روزانه در افق یکماهه از شاخص کل قیمت سهام در فاصله زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۱ پرداخت. وی از سه تابع توزیع نرمال، t - استیودنت و GED برای مدل های گارچ استفاده کرد و برای ارزیابی نتایج بدست آمده با استفاده از سه تابع زیان آماری RMSE و MAE و MAPE نشان داد که مدل های GARCH در مقایسه با شبیه سازی مونته کارلو در پیش بینی نوسان دقت بیشتری دارند [۳]. راسخی و همکاران (۱۳۹۳) در یک مطالعه موردی در بازار بورس اوراق بهادار تهران، مدل های خانواده GARCH را در پیش بینی نوسانات بازار سهام ارزیابی کردند. آن ها از داده های ماهانه شاخص کل قیمت در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ و از الگوهای GARCH، TGARCH، EGARCH و PGARCH با فرض توزیع نرمال، توزیع t و توزیع خطای عمومی جملات خطا (GED) برای پیش بینی نوسانات بازدهی سهام و از شاخص های جذر میانگین مربعات خطاهای پیش بینی (RMSE) و ضریب نابرابری تایل (TIC) برای ارزیابی مدل ها در دو زیر دوره نمونه (۷۵ درصد برای برآورد و ۲۵ درصد برای ارزیابی) استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد بر اساس شاخص های RMSE و TIC، اولاً توزیع های t و GED عملکرد بهتری را در پیش بینی نسبت به توزیع نرمال از خود نشان می دهند. ثانیاً بهترین عملکرد در پیش بینی نوسانات به ترتیب مربوط به مدل های GARCH و PGARCH با فرض توزیع t می باشد [۲]. یانگ هان (۲۰۱۱) در پژوهشی عملکرد مدل سازی و پیش بینی تلاطم بازده های روزانه سهام بورس سهام شانگهای را با استفاده از مدل های GARCH شامل GARCH، EGARCH و GJR-GARCH و سه توزیع نرمال گاوسی، T استیودنت و توزیع تعمیم خطا GED بررسی نمود. جهت تعیین عملکرد پیش بینی تلاطم، مدل ها را با استفاده از معنای ریشه مربع خطا RMSE مقایسه کرد. نتایج نشان داد که مدل های EGARCH در اکثر بازده های روزانه سهام به خوبی کار می کند و اینکه مدل های GARCH متقارن بهتر از مدل

های GARCH نامتقارن هستند [۲۳]. امیلیو (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان مدل‌سازی تلاطم در بازار سهام سوئد به ارزیابی این موضوع پرداخت که اگر یک متغیر برون‌زا (تلاطم ضمنی) به معادله واریانس اضافه شود، آیا عملکرد مدل‌های  $GARCH(1,1)$  و  $EGRACH(1,1)$  مبتنی بر شاخص OMXS30 افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین وی این مدل‌ها را در رابطه با تلاطم ضمنی به عنوان یک روش پیش‌بینی/مدل‌سازی مقایسه کرد و برای ارزیابی مدل‌ها از واریانس تحقق یافته به عنوان یک برآوردگر بی طرفانه از واریانس شرطی استفاده نمود. نتایج تحقیق نشان داد که اضافه کردن تلاطم ضمنی به معادله واریانس عملکرد کلی مدل‌های فوق را افزایش می‌دهد [۱۵].

### فرضیه تحقیق

در تحقیق حاضر در پی پاسخ به این سوالات هستیم که الگوی تلاطمی بازدهی بازار در کل چگونه است؟ و اینکه عملکرد کدام یک از مدل‌های خانواده GARCH در پیش‌بینی تلاطم بازدهی سهام بهتر است؟ از این رو فرضیه ذیل مطرح است.

- قدرت پیش‌بینی کنندگی مدل‌های GARCH از نظر شاخص‌های سنجش قدرت پیش‌بینی متفاوت است.

### روش تحقیق

جامعه آماری تحقیق، بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. در این تحقیق به جهت تکیه برالگوی تحلیل روند در تحلیل داده‌ها که ماهیت روشی توصیفی است و در آن مقاطع زمانی به‌عنوان افراد آماری تعریف می‌شوند نمونه‌گیری مصداقی نداشته و بازه زمانی زیر با توجه به اهداف تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است:

- بازه زمانی ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۵/۱۲/۳۰ برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تلاطم بازده سهام به روش سری زمانی و معرفی مدل برتر.

در این تحقیق، از الگوهای  $GARCH$ ،  $EGARCH$ ،  $PGARCH$ ،  $GJR-GARCH$ ،  $GARCH-M$ ،  $FIGARCH$  و  $FIEGARCH$  تحت فرض توزیع مجانبی نرمال برای پیش‌بینی تلاطم بازده سهام استفاده شده و عملکرد پیش‌بینی این الگوها بر اساس معیارهای میانگین خطای معیار<sup>۱</sup> (MSE)، میانگین خطای معیار<sup>۲</sup> (MedSE)، میانگین قدر مطلق خطای پیش‌بینی<sup>۳</sup> (MAE)، جذر میانگین مربعات خطاهای پیش‌بینی<sup>۴</sup> (RMSE) و ضریب نابرابری تایل<sup>۵</sup> (TIC) مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس این معیارها، هر قدر خطای پیش‌بینی کمتر باشد توانایی الگو برای پیش‌بینی بیشتر است. بنابراین، الگویی که دارای مقادیر کمتری از این معیارها باشد، عملکرد بهتری در پیش‌بینی تلاطم‌ها

<sup>1</sup> Mean Squared Error (MSE)

<sup>2</sup> Median Squared Error (MedSE)

<sup>3</sup> Mean Absolute Error Statistic (MAE)

<sup>4</sup> Root Mean Square Error (RMSE)

<sup>5</sup> Theil Inequality Coefficient (TIC)



خواهد داشت. همچنین دوره زمانی تحقیق ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۵/۱۲/۳۰ به دو زیر دوره تقسیم شده است: زیر دوره اول شامل ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ می باشد که ۷۵٪ حجم نمونه را در بر می گیرد و زیر دوره دوم شامل ۱۳۹۴/۱/۱ تا ۱۳۹۵/۱۲/۳۰ می باشد که باقیمانده حجم نمونه را در بر می گیرد. زیر دوره اول برای برآورد، و زیر دوره دوم جهت ارزیابی مدل های پیش بینی در نظر گرفته شده است.

### یافته های تحقیق

در جدول ۱ شاخصه های آمار توصیفی داده های پژوهش با کمک نرم افزار OXMETRICS6 محاسبه شده است .

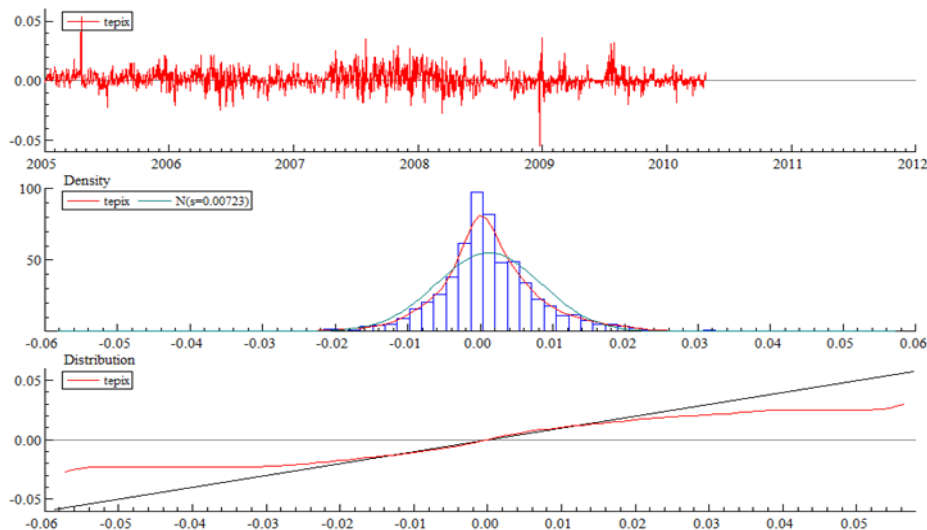
جدول ۱ - توصیف یافته ها

معیار ها	حداقل	میانگین	حداکثر	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
TEPIX	-۰/۵۵۱۳	۰/۰۰۰۷۲۶	۰/۰۳۵۸۹۶	۰/۰۰۷۳۹۱	-۰/۵۵۱۳	۰/۰۰۰۷۲۶
آزمون نرمالیتی						
چارک- برا	۰/۰۳۵۸۹۶					
P-VALUE	۰/۰۰۰۰					
آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته						
آماره ADF	-۱۳۸/۷۵۴					
مقدار بحرانی ۵٪	-۱/۹۴۰۹۳					
نتیجه	مانا					
آزمون ARCH- LM برای تلاطم بازدهی						
نام متغیر	آماره LM	P-VALUE	نتیجه			
TEPIX	۱۷۶۷/۶	۰/۰۰۰۰	دارای نوسانات خوشه‌ای است			

در مدل های خانواده گارچ شرط پایایی بسیار مهم است. همانگونه که در جدول (۱) مشاهده می گردد متغیر TEPIX در سطح پایا بوده و از این جنبه انجام مدل های گارچ مشکل عدم وجود حافظه بلند مدت را ندارد. پس اگر چنانچه شوک های مالی ، اقتصادی و سیاسی از قبیل تعدیل سود شرکت ها، تغییرات نرخ ارز یا نتایج انتخابات، سری داده ها را تحت تاثیر قرار دهد، به دلیل باثبات بودن یا مانا بودن داده ها اثر این قبیل شوک ها بر متغیر های مورد نظر میرا است و به تدریج از بین می رود .یعنی اثر

شوکه مورد نظر، در طی زمان  $t+I$  کم تر از زمان  $t$  خواهد بود. به زبان ساده تر، دوام و ماندگاری اثرات شوکه های وارده محدود است و سری های نامبرده حافظه بلندمدت دارند.

نمودار ۱ (از بالا به پایین) روند تغییرات TEPIX، توزیع داده های TEPIX و انحراف از توزیع نرمال



از سوی دیگر بر اساس آزمون ضریب لاگرانژ گزارش شده در جدول (۱) و شواهد نمودار  $I$  مشخص می شود که بازدهی شاخص کل قیمت سهام (TEPIX) دارای تلاطم های خوشه ای است بدین معنی که با نوسانات کم، تلاطم کوچک در دوره های بعدی دارد و با نوسانات زیاد دچار تلاطم شدید می شود. همچنین مقدار کشیدگی مازاد کمتر از ۳ است که نمودار (۱) هم نشان می دهد به طور محسوسی توزیع سری کشیده تر از نرمال نیست و نیز چولگی عدد منفی بسیار نزدیک به صفر است. بنابراین توزیع متغیر TEPIX (که در نمودار توزیع آن هم نشان داده شده) به توزیع  $t$  استیوونت بسیار نزدیک می باشد. بنابراین در تخمین مدل های گارچ استفاده از فروض توزیع متقارن مانند نرمال و یا  $t$  استیوونت مقتضی تر از توزیع GED بوده که با توجه توزیع مجانبی  $t$  به سمت نرمال در نمونه های بزرگ، به طور پیش فرض توزیع نرمال لحاظ می گردد.

برای مقایسه نتایج مدل های خانواده GARCH از پنج معیار RMSE، MAE، MedSE، MSE و Theil استفاده شده است. لازم به ذکر است که مدل های گزارش شده بر مبنای ۷۵٪ مشاهدات و معیار های پیش بینی برای ۲۵٪ داده ها برآورد گردیده است. نتایج مقایسه مدل های سری زمانی در جدول ۲ بیان شده است:

جدول (۲) - شاخص های مقایسه قدرت پیش بینی کنندگی مدل های GARCH

Fiegarch	Figarch	Garch-m	GJR	pgarch	Egarch	Garch	
$E-0.5$ ۴/۳۳	$E-0.5$ ۴/۲۷	$E-0.5$ ۴/۳۶	$E-0.5$ ۴/۲۹	$E-0.5$ ۴/۲۹	$E-0.5$ ۴/۲۷	$E-0.5$ ۴/۲۸	Mean Squared Error(MSE)
$E-0.6$ ۴/۰۱	$E-0.6$ ۴/۳۳	$E-0.6$ ۴/۹۲	$E-0.6$ ۴/۵۳	$E-0.6$ ۴/۶۱	$E-0.6$ ۴/۳۳	$E-0.6$ ۴/۴۰	Median Squared Error(MedSE)
۰/۰۰۳۹۹۴	۰/۰۰۳۸۳	۰/۰۰۴۰۶	۰/۰۰۳۸۸	۰/۰۰۳۸۹۴	۰/۰۰۳۸۳۵	۰/۰۰۳۸۷۲	Mean Absolute Error(MAE)
۰/۰۰۶۵۸۴	۰/۰۰۶۵۳۳	۰/۰۰۶۶۰۱	۰/۰۰۶۵۴۶	۰/۰۰۶۵۴۸	۰/۰۰۶۵۳۴	۰/۰۰۶۵۴۲	Root Mean Squared Error(RMSE)
۰/۸۴۲۱	۰/۸۸۴۷	۰/۸۲۹۲	۰/۸۶۶۸	۰/۸۶۵	۰/۸۸۳۳	۰/۸۷۱۴	Theil Inequality Coefficient(TIC)

با توجه به جدول فوق مدلی که دارای کم ترین خطای پیش بینی باشد، بهترین می باشد. همانطور که ملاحظه می شود مدل FIGARCH از نظر سه معیار MSE، MAE و RMSE دارای کمترین خطا است که نشان می دهد خوبی برازش این مدل از تمام مدل های دیگر بیشتر است. نتایج مدل FIGARCH به شرح جدول ۳ می باشد:

جدول (۳) - مدل تک متغیره فی گارچ (FIGARCH) - سری زمانی TEPIX

پارامترها	ضرایب	آماره $t$	$p$ -value
عرض از مبدا معادله میانگین	۰/۰۰۰۸۶	۲/۶۰۱	۰/۰۰۹۴
$AR(t-1)$	۰/۴۳۷۳۲	۱۴/۳۵	۰/۰۰۰۰
$AR(t-2)$	-۰/۰۹۴۱۹	-۳/۱۰۷	۰/۰۰۱۹
$AR(t-3)$	۰/۱۰۸۲۹۸	۳/۳۰۶	۰/۰۰۱
$AR(t-4)$	۰/۰۳۲۳۶۷	۱/۱۲	۰/۲۶۲۸
عرض از مبدا معادله واریانس	۵۳/۷۱۴۹۷	۱/۹۴۲	۰/۰۵۲۳
$d$ -figarch	۰/۴۰۶۳۶۷	۲/۵۰۱	۰/۰۱۲۵
$\varphi_1$ اثر گارچ:	۰/۴۶۴۰۵۴	۳/۴۶۸	۰/۰۰۰۵
$b_1$ اثر گارچ:	۰/۶۹۳۰۹۶	۴/۱۲۶	۰/۰۰۰۰
$b_2$ اثر گارچ:	-۰/۰۴۲۲۸	-۰/۷۰۷۹	۰/۴۷۹۱
$b_3$ اثر گارچ:	-۰/۰۹۹۱۹	-۲/۱۹۵	۰/۰۲۸۳

۰/۰۹۱۳	۱/۶۸۹	۰/۰۷۶۹۱	$b_4$ اثر گارچ:
۰/۱۰۵	۱/۶۲۲	۰/۰۴۰۶۲۶	$b_5$ اثر گارچ:

مدل FIGARCH به طور مستقیم نمایش توان دوم پس‌ماندها بوسیله ARMA را به یک مدل انباشته کسری بسط می‌دهد. لیکن برای اطمینان از اینکه مدل عمومی FIGARCH مانا است و همچنین واریانس شرطی  $\sigma_t^2$  همیشه مثبت است، لازم است محدودیت‌های پیچیده‌ای به ضرایب مدل تحمیل شود. که در معادله واریانس شرطی، هدف برآورد پارامتر  $d$  در کنار پارامترهای  $RCH(\phi)$  و  $GARCH(b)$  است. نکته مهم در برآورد این مدل این بود که، بهترین مدل FIGARCH (1,d,5) تشخیص داده شد. زیرا با افزودن وقفه‌های دیگر مدل قابلیت همگرایی را پیدا نمود. با توجه به نتایج جدول (۳)، مشاهده می‌شود که ضرایب  $d$  معنادار بوده و مقدار آن بین صفر و یک است. همچنین از آنجاییکه مجموع ضرایب  $\phi_1$ ،  $b_1$  تا  $b_5$  کمتر از یک و  $\phi_1 > 0$  است، این موضوع مانایی کوواریانس فرآیند واریانس شرطی را نشان می‌دهد. بنابراین مدل برازش شده شرایط خوبی برازش را احراز داشته و معادله واریانس شرطی حکایت از معنی داری و منطقی بودن قابلیت نمایش توان دوم پس‌ماندها بوسیله ARMA به صورت یک مدل انباشته کسری را دارد.

#### نتیجه گیری

برای بررسی تفاوت در قابلیت‌ها و قدرت پیش‌بینی‌کنندگی مدل‌ها بر مبنای مطالعات قبلی معیارهای بیشتری معرفی گردید که بتوان تفاوت در قدرت پیش‌بینی‌کنندگی را بر مبنای چند شاخص سنجید. از آنجاییکه فرضیه پژوهش بیان نمود: قدرت پیش‌بینی‌کنندگی مدل‌های گارچ به روش سری زمانی نسبت به یگدیگر تفاوت دارند؛ نتایج برآورد مدل‌ها در جدول ۲ نشان داد که شاخص‌های قدرت پیش‌بینی یکسان نبوده و برای مدل FIGARCH سه شاخص MSE، MAE و RMSE از تمام اعداد کمتر هستند. بنابراین این فرضیه را می‌توان پذیرفت. نتایج حاصل از قبول این فرضیه تاکید دارند که نتیجه گیری پیرامون پیش‌بینی تلاطمی بازدهی سهام با استفاده از یک الگوی سری زمانی به تنهایی منجر به قضاوت نادرست پیرامون الگوی نظامند اثرات ARCH/GARCH و نوع چینش آن‌ها یا اثرات معنی دار دیگر در معادله واریانس همچون اثر نمایی معکوس جمله EGARCH و یا خوبی برازش مدل کسری انباشته FIGARCH و دیگر الگوهای که اگر به تنهایی بررسی شوند، معیارهای خوبی برازش را احراز می‌کنند. اما نتایج حاصل از قبول این فرضیه تایید نمود که در ارائه نتایج پیش‌بینی حاصله از مطالعه بررسی تلاطم بازده، انتخاب یک نوع خاص از الگوهای خانواده GARCH پیامد شدیدا محدود کننده ای را برای نتایج مطالعات از این دست دارد و آن قیدی است که از سوی پژوهش‌گر به مدل تحمیل شده

است. این قید انتخاب یک فرم خاص برای معادله واریانس شرطی است که انتقاد زیادی به آن وارد است. به عنوان مثال در خلال مدل سازی تلاطم در این پژوهش تایید شد هم زمان مدل های GARCH ، EGARCH ، PGARCH ، GJR-GARCH ، GARCH-M و FIGARCH همگی شرایط معنی دار و مطلوب پارامترهای خاص خود در برآورد معادله واریانس شرطی طبق فرم های معرفی شده را احراز داشته اند. بنابراین این پژوهش تایید نمود هرچه به جای استفاده از یک فرم خاص، از انواع مدلها و مقایسه آنها و انتخاب مدل مطلوب بیشتر استفاده شود، از تحمیل برآورد مقید معادله واریانس کاسته شده و کارایی برآوردگرهای معادله واریانس شرطی افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج این فرضیه با نتایج پژوهش کارل و کرنی<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) همخوانی دارد؛ زیرا آنها نشان دادند که چگونه بازدهی های مثبت و منفی بر واریانس شرطی تأثیر می گذارند، چگونه این اثرات می تواند در طول زمان ماندگار باشد، و منجر به توزیع های شرطی بازده با دنباله های سنگین شود. بلسلو و میکلسون (۱۹۹۶) معتقد هستند که وجود ریشه واحد در واریانس می تواند ویژگی ها محدود کننده را منعکس کند، همچنین گزارش کردند که بهتر است تلاطم بازار سهام آمریکا با یک فرایند بازگشت به میانگین FIGARCH مدل سازی شود.

---

<sup>1</sup> Carroll and Kearney

## فهرست منابع

۱. پوریان فر، احمد، حنجری، سارا. (۱۳۸۹). "تاثیر فاصله زمانی معاملات بر نوسان درون روزانه قیمت ها در بورس تهران". فصلنامه تحقیقات حسابداری و حسابرسی انجمن حسابداری ایران، سال دوم، شماره پنجم.
۲. راسخی، سعید، خانعلی پور، امیر، خسروانی، فاطمه. (۱۳۹۳). "ارزیابی خانواده مدل های GARCH در پیش بینی نوسانات بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران". کنفرانس بین المللی حسابداری، اقتصاد و مدیریت مالی ایران، تهران، هتل المپیک تهران، ۴-۵ آبان ماه، ص ص ۱-۱۸.
۳. رستمی جلیلیان، حنیفه. (۱۳۹۳). "ارزیابی نوسانات قیمت سهام با استفاده از شبیه سازی مونته کارلو". پایان نامه کارشناسی ارشد، پردیس علوم و تحقیقات هرمزگان دانشگاه آزاد اسلامی.
۴. صمدی گمچی، باقر. (۱۳۸۶). "مدل سازی تلاطم در شاخص قیمت بورس تهران با استفاده از مدل های GARCH و معرفی الگوی مناسب برای تعیین ارزش در معرض خطر". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه صنعتی شریف.
۵. نظیفی نائینی، مینو. (۱۳۹۰). "مدلهای گارچ در پیش بینی نوسانات بازار سهام". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه رازی.
6. Baillie, Richard T, Bollerslev, Tim, Mikkelsen, Hans Ole. (1996). "Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity". **Journal of Econometrics**, 74: 3-30.
7. Bekaert, Geert, Harvey, Campbell R. (1997). "Emerging equity market volatility". **Jornal of Financial Economics**, 43: 29-77.
8. Bildirici, Melike, Ersin, Ozgur Omer. (2009). "Improving forecasts of GARCH family models with the artificial neural networks: An application to the daily returns in Istanbul stock exchange". **Expert Systems with Applications**, 36: 7355-7362
9. Bollerslev, Tim. (1986). "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity". **Journal of Econometrics**, 31: 307-327.
10. Bollerslev, Tim, Mikkelsen, Hans Ole. (1996). "Modeling and pricing long-memory in stock market volatility". **Journal of Econometrics**, 73:151-84.
11. Carroll, Rachael, Kearney, Colm. (2009). "GARCH modeling of stock market volatility". In Gregoriou. G.N. Stock market volatility. Chapman and hall book, Finance series, **CRC press**, New York, U. S. A., Taylor and Francis Group, LLC, pp. 71-90.

12. Ding, Zhuanxin, Granger Clive W.J, Engle Rabert F. (1993). "A Long memory property of stock market returns and a new model". **Journal of Empirical Finance**, 1: 83 -106.
13. Engle, Rabert F. (1982). "Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom Inflation". **Econometrica**, 50: 987-1007.
14. Engle, Rabert F, Lilien, David M, Robins, Russel P. (1987). "Estimating time varying risk premia in the term structure": The ARCH-M model. **Econometrica**, 55:391-407.
15. Vega Ezpeleta, Emilio. (2015). "Modeling volatility for the Swedish stock market". A Thesis Submitted to Department of Statistics of **Uppsala University**.
16. Glosten, Lawrence R, Jagannathan, Ravi, Runkle, David E. (1993). "On the Relation between expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks". **Journal of Finance**, 48:1779-1801.
17. Kovacic, Zlatko . (2007). "Forecasting volatility: Evidence from the Macedonian stock exchange". **MPRA Paper**, 5319: 1-47.
18. Marius, Matei. (2009). "Risk analysis in the evaluation of the international investment opportunities. Advances in modeling and forecasting volatility for risk assessment purposes". PhD thesis, **National Institute of Economic Research**, Romanian Academy.
19. Nelson, Daniel B. (1991). "Conditional heteroskedasticity in asset returns: A New approach". **Econometrica**, 59: 347- 370.
20. Schwert, G William. (1989). "Why does market volatility change over time? ". **Journal of Finance**, 5: 1115-1153.
21. Taylor, Stephen J. (1986). **Modeling financial time series**. John Wiley and Sons, New York.
22. Zakořan, Jean Michel. (1994). "Threshold heteroskedastic models". **Journal of Economic Dynamics and Control**. 18: 931-955.
23. Yng, Han. (2011). " Modeling and forecasting volatility of Shanghai stock exchange with GARCH family models", master thesis, **Uppsala University**, Sweden.



## Forecasting and Modeling Stock Returns Volatility in Tehran Stock Exchange Using GARCH Models

**Seyed Reza Ghazi Fini<sup>1</sup>**

PhD Student, Department of Accounting ,Kashan Branch, Islamic Azad University, Kashan, Iran

**Hossein Panahian (PhD)<sup>2</sup>©**

Associate Professor, Department of Accounting ,Kashan Branch, Islamic Azad University, Kashan, Iran

(Received: 16 October 2017; Accepted: 21 February 2018)

The present study aim is modeling and comparing predictive power of GARCH models in forecasting stock returns volatility in Tehran Stock Exchange. Therefore was selected time period from 03/20/2009 to 03/19/2017 based daily returns of total price index (TEPIX) including 1900 observation and reviewed GARCH , EGARCH , PGARCH , GJR , GARCH-M , FIGARCH and FIEGARCH models with time series approach and under the normal distribution assumption and evaluated Predictive performance of those models based Mean Squared Error (MSE), Median Squared Error (MedSE), Mean Absolute Error Statistic (MAE), Root Mean Square Error (RMSE) and Theil Inequality Coefficient (TIC) measures. The results showed the FIGARCH models have least error In terms of three criteria MSE, MAE and RMSE Which shows the Fitness of this model is better than all other models to predict the volatility of stock returns. It was also found that returns of the total stock price index (TEPIX) have cluster volatilities which means that with low fluctuations, have small volatility in subsequent periods and severe volatility with high fluctuations.

**Keywords:** GARCH Models, Volatility, Stock Returns.

---

<sup>1</sup> sr\_ghazi@yahoo.com

<sup>2</sup> panahian@yahoo.com ©(Corresponding Author)