نشریه علمی سیاست‌گذاری اقتصادی
مقاله پژوهشی/ سال سیزدهم، شماره بیست و ششم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

کاربرد الگوی TV-GARCH در برآورد تلاطم نرخ ارز در ایران

فرهاد امیری[۱]
کاوه درخشانی درآبی[۲]
حمید آسایش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۳

چکیده

ادبیات جدید اقتصادسنجی بر اهمیت مدل‌های با ضرایب متغیر در طول زمان در مدل‌سازی و پیش‌بینی رفتار متغیرهای اقتصادی به ویژه برای متغیرهای دارای شکست ساختاری تاکید دارند. از این رو، هدف اصلی این پژوهش ارائه الگوی واریانس ناهمسان شرطی تعمیم‌یافته با ضرایب متغیر در طول زمان (TV-GARCH) به منظور مدل‌سازی تلاطم نرخ ارز در ایران است. بدین منظور، یک الگوی نوسان تصادفی در میانگین (SVM) بکارگرفته شده و برای شبیه‌سازی توابع پیشین مشترک در رویکرد بیزین از الگوریتم زنجیره مارکوف مونت کارلو (MCMC) استفاده می‌شود. همچنین برای بررسی مانایی و وجود شکست ساختاری در داده‌های نرخ ارز از آزمون ریشه واحد زیوت-اندروس استفاده می‌شود. نتایج الگوسازی نوسانات نرخ ارز با استفاده از داده‌های ماهانه نرخ ارز در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۴ نشان می‌دهد که در مقایسه درون و برون نمونه‌ای الگوی TV-GARCH نسبت به الگوهای با ضرایب ثابت GARCH و EGARCH از دقت بالاتری برخوردار است.

واژگان کلیدی: تلاطم نرخ ارز، واریانس ناهمسان شرطی، الگوی فضا-حالت، رویکرد بیزین.

Keywords: Exchange Rate Volatility, Conditional Heteroskedasticity, State-space Model, Bayesian Approach.

JEL Classification: F31, E37, C32.

[۱]. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی، الیگودرز، ایران
f_amiri55@yahoo.com

[۲]. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه اراک و استاد مدعو گروه اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد الیگودرز (نویسنده مسئول) k-derakhshani@araku.ac.ir

[۳]. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه آیت اله بروجردی hamid.asayesh@abru.ac.ir

* مقاله برگرفته از رساله دکتری اقتصاد در دانشگاه آزاد اسلامی واحد الیگودرز است.

۱- مقدمه

تلاطم نرخ ارز با ایجاد شرایط عدم اطمینان در سود ناشی از مبادله‌های بین‌المللی باعث کاهش تجارت، کم‌تحرکی جریان سرمایه از طریق کاهش سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های خارجی، به هم خوردن سبد دارایی‌های مالی، بالارفتن قیمت کالاهای قابل مبادله و افزایش خطر پوشش تغییرات پیش‌بینی‌نشده نرخ واقعی ارز می‌شود (بصیرت و دیگران، ۲۰۱۴: ۱۴۳). علاوه بر این، انحراف نرخ ارز از مقادیر تعادلی و همچنین بی‌ثباتی در آن می‌تواند عملکرد اقتصاد کلان به ویژه رقابت‌پذیری کشورها را تحت تأثیر قرار دهد. نوسان‌های نرخ واقعی ارز نشان‌دهنده بی‌ثباتی و عدم قطعیت در روند قیمت‌های نسبی بین کشورهاست. این تلاطم موجب ایجاد فضایی بی‌ثبات و نامطمئن در اقتصاد می‌گردد (نجارزاده و دیگران، ۲۰۱۹: ۵۶).

همچنین، از لحاظ نظری دیدگاه‌های متفاوتی در خصوص تاثیر تغییرات نرخ ارز بر تراز تجاری وجود دارد. طرفداران رویکرد کشش‌ها شرایط لازم و کافی برای بهبود تراز تجاری را بر حسب کشش‌های عرضه و تقاضا توصیف می‌کنند. در رویکرد جذب، بیان می‌شود که افزایش نرخ ارز ممکن است رابطه مبادله را تغییر دهد، تولید را افزایش و مخارج را از کالاهای خارجی به کالاهای داخلی تغییر دهد و در نتیجه تراز تجاری را بهبود بخشد. پولیون استدلال می‌کنند که افزایش نرخ ارز ارزش واقعی تراز نقدی و/یا تغییرات نسبی کالاهای قابل مبادله و غیر قابل مبادله را کاهش داده و در نتیجه هر دوی تراز تجاری و تراز پرداخت‌ها را بهبود می‌بخشد (شهبازی و اسدی، ۲۰۱۴: ۳۷).

به منظور بررسی تاثیر تلاطم نرخ ارز بر سایر متغیرهای اقتصادی و همچنین شناسایی عوامل موثر بر تلاطم نرخ ارز، لازم است ابتدا تلاطم نرخ ارز به صورت یک متغیر کمی اندازه‌گیری شود. بدین منظور، در سیر تکامل اقتصادسنجی روش‌های مختلفی برای محاسبه تلاطم معرفی شده‌اند. در این زمینه می‌توان به الگوهای خودرگرسیونی با واریانس ناهمسانی شرطی (آرچ[1]) و مدل خودرگرسیونی با واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم یافته (گارچ[2]) اشاره کرد. یکی از مسائل مورد توجه در ادبیات تجربی تلاطم نرخ ارز به روش‌های محاسبه تلاطم بر می‌گردد. به طور کلی، انتخاب روش دقیق برای الگوسازی و پیش‌بینی تلاطم در سری‌های اقتصادی همواره از اهداف بسیاری از مطالعات بوده است.

---

1. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH)
2. Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)

یکی از ضرورت‌های این موضوع زمانی است که هدف مطالعات بررسی تاثیر نوسانات یک متغیر بر سایر متغیرها و یا بررسی و شناسایی عوامل ایجادکننده نوسانات در یک متغیر اقتصادی است. در چنین مواقعی اگر مقدار نوسان به درستی و با دقت محاسبه نگردد نتایج تجربی گمراه‌کننده‌ای به دست می‌آید. ضرورت دیگر بحث پیش‌بینی روند متغیرها و تلاطم‌های آتی در آن‌هاست. انتظار بر این است که اگر تلاطم‌ها با دقت بیشتری پیش‌بینی شوند می‌توان با اطمینان بیشتری نسبت به تدوین سیاست‌های ایجادکننده ثبات اقتصادی اقدام نمود. از این رو، شناسایی و معرفی الگوهایی که بتوانند با دقت بیشتری تلاطم در متغیرهای اقتصادی را استخراج و پیش‌بینی کنند از اهمیت برخوردار است.

از طرفی پس از انتقاد لوکاس[1] (۱۹۷۶)، توجه به الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان اهمیت پیدا کرده است. یکی از دلالت‌های انتقاد لوکاس این است که با توجه به تغییر رفتارهای عوامل اقتصادی ضرایب برآوردی برای بیان رابطه بین متغیرها نمی‌تواند پایدار باشد. این موضع بخصوص در کشورهای در حال توسعه که فرآیند تغییر ساختارهای اقتصادی در آن‌ها سرعت و دامنه وسیع‌تری دارد از اهمیت بیشتری برخوردار است. بررسی روند نرخ ارز در ایران نیز نشان می‌دهد که بخصوص در سال‌های بعد از پیروزی انقلاب اسلامی روند با ثباتی نداشته است و رفتار این متغیر در دوره‌های زمانی مختلف متفاوت بوده است و شکست ساختاری در رفتار این متغیر مشاهده می‌شود.

بنابراین، معرفی روش‌هایی که در استخراج و محاسبه نوسانات نرخ ارز و سایر متغیرهای اقتصادی دقت بیشتری داشته باشند همواره از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. از این رو، هدف اصلی این پژوهش ارائه الگویی جدید به منظور مدل‌سازی و محاسبه تلاطم نرخ ارز در ایران و مقایسه دقت آن با سایر الگوهای مرسوم اقتصادسنجی است. از این رو، ابتدا بر اساس رویکرد معرفی شده در این پژوهش از مدل نوسان تصادفی در میانگین[2] (SVM) معرفی شده توسط کوپمن و هول اسپنسکی[3] (۲۰۰۲) استفاده می‌شود. در ادامه، در بخش دوم ادبیات نظری و تجربی تلاطم نرخ ارز مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس در بخش سوم، الگوی واریانس ناهمسان شرطی با ضرایب متغیر در طول زمان (TV-GARCH) معرفی می‌شود.

---

1. Lucas Critique (1976)
2. Stochastic Volatility in Mean (SVM)
3. Koopman and Hol Uspensky (2002)

در ادامه نتایج الگوی اصلی پژوهش برای بررسی تلاطم نرخ ارز در ایران با الگوهای مرسوم GARCH و EGARCH مقایسه می‌شود و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش ارائه می‌شود.

۲- ادبیات موضوع

با گسترش جهانی شدن و حرکت به سمت سیستم نرخ ارز شناور، بررسی نوسانات نرخ ارز به طور فزاینده‌ای مورد توجه محافل علمی و سیاست‌گذاران قرار گرفته است. نوسانات نرخ ارز بر تجارت جهانی، جریان سرمایه و رفاه اقتصادی تاثیرگذار است (هاکیو[1]،۱۹۸۴: ۲۸؛ آسیری و پیل[2]، ۱۹۹۱: ۱۷۳). همچنین درک رفتار نرخ ارز در طراحی سیاست‌های مناسب پولی از اهمیت بالایی برخوردار است (لانگمور و رابینسون[3]، ۲۰۰۴: ۲). بنابراین، تحلیل و بررسی ماهیت نوسانات نرخ ارز می‌تواند به تدوین سیاست‌های مناسب که بتواند اثرات منفی نوسانات نرخ ارز بر متغیرهای اقتصادی را کاهش دهد کمک کند.

در این راستا مطالعات زیادی در راستای دستیابی به بهترین روش جهت تعیین نرخ ارز و همچنین تفسیر و پیش‌بینی رفتار آن صورت گرفته است. میس و روگوف[4] (۱۹۸۳)، در بررسی‌های خود عملکرد مدل‌های ثابت نرخ ارز از قبیل برابری قدرت خرید یا مدل پولی را ضعیف ارزیابی کردند. علاوه بر این، نشان دادند که در خیلی از کشورها رفتار نرخ ارز پس از برتن وودز، مخصوصاً در کوتاه‌مدت از فرآیند گام تصادفی تبعیت می‌کند. اگرچه شواهد تجربی نشان می‌دهد که توجه به اصول بنیادی ممکن است قدرت پیش‌بینی رفتار نرخ ارز در بلندمدت را افزایش دهد.

چن و میس[5] (۱۹۹۵) نیز از تکنیک متفاوتی فاکتورهای پایه‌ای را برای تخمین مدل‌های نرخ ارز استفاده کردند و مجدداً ضعف عملکرد این مدل‌های پایه‌ای در پیش‌بینی کوتاه‌مدت رفتار نرخ ارز و عملکرد خوب پیش‌بینی آن‌ها را در بلندمدت تأیید کردند.

افزودن تلاطم به عنوان متغیر توضیحی در مدل‌های سنتی خودرگرسیون برداری باعث بهبود چشم‌گیری در دقت تصریح تلاطم نرخ ارز شد. یکی از این رویکردها توسط انگل[6] (۱۹۸۲) تحت

---

1. Hakkio (1984)
2. Asseery & Peel (1991)
3. Longmore & Robinson (2004)
4. Meese and Rogoff (1983)
5. Chinn and Meese (1995)
6. Engle (1982)

عنوان مدل خودرگرسیون با واریانس ناهمسانی شرطی (آرچ) ارائه شد و بعدها توسط بولرسو[1] (۱۹۸۶)، به شکل تعمیم‌یافته آن یعنی مدل خودرگرسیون با واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم‌یافته (گارچ) گسترش یافت. این دو مدل در واقع تفاوت بین تلاطم شرطی و غیر شرطی فرآیندهای تصادفی را تشخیص می‌دهند به گونه‌ای که در اولی تلاطم در طول زمان متغیر است ولی در دومی ثابت در نظر گرفته می‌شود (مک میلان و توپایاگال[2]، ۲۰۱۰).

تا اوایل قرن بیست و یکم میلادی الگوهای ARCH و GARCH به طور گسترده‌ای جهت توصیف و پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی و مالی مورد استفاده قرار گرفتند. ضرایب در این الگوها برای کل دوره ثابت در نظر گرفته می‌شود. این رویکرد در مورد سری‌های زمانی کوتاه‌مدت ممکن است مفید باشد، اما در بلندمدت، سری‌های زمانی معمولا دارای روندهایی با تغییرات آهسته و شکست‌های ناگهانی در واریانس هستند.

از طرفی ماندلبروت[3] (۱۹۶۳) بر این اعتقاد است که همراه با افزایش تواتر داده‌ها کشیدگی توزیع بیشتر می‌شود، در این شرایط نباید فرض توزیع نرمال را برای جملات خطا در نظر گرفت، زیرا رعایت این فرض در الگوسازی نوسانات نتایج گمراه‌کننده خواهد داشت. بنابراین، استفاده از الگوهای ARCH و GARCH مرسوم در این شرایط نمی‌تواند نتایج دقیق و قابل اعتمادی داشته باشد.

بر اساس نظر استاک و واتسون[4] (۲۰۰۸) از مهم‌ترین مشکلات مدل‌های گذشته برای برآورد این بود که نمی‌توانستند در طول زمان پیش‌بینی درستی انجام دهند و مدل‌هایی در دوران رونق و برخی در دوران رکود تخمین مناسبی داشتند. همین امر باعث ظهور مدل‌های پارامتر قابل تغییر طی زمان و مدل‌های مونت‌کارلو زنجیره مارکف شد. در این مدل‌ها ضرایب تخمین می‌توانند در طول زمان تغییر کنند (اکبری و دیگران، ۲۰۱۷: ۶۱). همچنین، با بررسی سری‌های زمانی مالی مشخص می‌شود که اغلب این سری‌های زمانی در مقطع یا مقاطعی تحت تأثیر رخدادهای سیاسی، اقتصادی و اجتماعی داخلی یا خارجی؛ نظیر بحران مالی، تکانه‌های نفتی، جنگ، بی‌ثباتی سیاسی و تغییر ناگهانی در سیاست‌های ارزی شدیداً دچار نوسان می‌شوند به طوری که آثار این رخدادها گاه تا مدت‌ها در بازار باقی می‌ماند (علمی و دیگران، ۲۰۱۴: ۵۸). بنابراین به عنوان نتیجه می‌توان

---

1. Bollerslev (1986)
2. McMillan and Thupayagale (2010)
3. Mandelbrot (1963)
4. Stock & Watson (2008)

گفت که الگوهای با ضرایب ثابت توانایی لازم برای الگوسازی رفتار نرخ ارز بخصوص در افق زمانی طولانی را ندارند و لازم است از الگوهایی با ضرایب متغیر در طول زمان استفاده شود.
یکی دیگر از دلایل توجه به الگوهای با ضریب متغیر انتقاد لوکاس (۱۹۷۶) است. لوکاس بیان می‌کند که ضرایب موجود در مدل‌های اقتصادسنجی که با اتکا بر رفتار گذشته واحدهای اقتصادی برآورد گردیده‌اند، ضرورتا برای رفتار آتی این واحدها صادق نخواهند بود. تغییر شرایط، سیاست‌ها و برنامه‌های اقتصادی باعث می‌شود عوامل اقتصادی در شرایط متفاوت رفتار متفاوتی از خود بروز دهند. از این رو فرض ثبات ضرایب در مدل‌های اقتصادسنجی فرض قابل قبولی نخواهد بود. پس از انتقاد لوکاس تلاش‌ها برای رفع این مشکل در دو حوزه صورت گرفت. در رویکرد نخست که توسط کلاسیک‌های جدید و کینزین‌های جدید مورد استفاده قرار گرفت سعی می‌شود ضرایب با استفاده از بهینه‌یابی رفتار عامل اقتصادی در سطح خرد و در چارچوب الگوهای تعادل عمومی صورت پذیرد. رویکرد دوم در حوزه آمار و اقتصادسنجی معطوف به معرفی الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان است.
همچنین، از آن‌جا که بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی، بخصوص متغیر نرخ ارز، شامل داده‌های مقاطع مختلف زمانی با درجات مختلف نوسان هستند، بنابراین احتمال تغییر واریانس شرطی در مدل‌های GARCH زیاد است. برای لحاظ این تغییرات وابسته به زمان باید ضرایب الگوی GARCH بخصوص عرض از مبدا به صورت وابسته به زمان برآورد گردند. در این صورت، فرض می‌شود که تلاطم نرخ ارز دارای دو فرآیند مانا و نامانا است. جزء نامانا فرآیند تابعی از زمان است در حالی که جزء مانا از یک فرآیند GARCH تبعیت می‌کند (انگل و رنگل[1]، ۲۰۰۸: ۳).

۲-۱- پیشینه پژوهش

رستمی و دیگران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به مدل‌سازی تلاطم بازده سهام با مدل‌های خانواده GARCH و همچنین مقایسه دقت این مدل‌ها پرداختند. در این پژوهش از شیوه استنباط بیزی[2] استفاده شده است. این شیوه، علاوه بر حل مشکلات رویکرد حداکثر راستنمایی، محققین را قادر به ارزیابی میزان احتمال صحت مدل می‌نماید. به منظور انطباق بیشتر مدل‌سازی‌ها با واقعیت داده‌های مالی، در این پژوهش از توزیع t به عنوان توزیع حاشیه‌ای بازده استفاده شده است. به

[1]. Engle & Rangel (2008)
[2]. Bayesian

منظور مدل‌سازی از داده‌های روزانه قیمت و بازده سهام ۲۶ شرکت فعال در بورس تهران در بازه زمانی ۱۳۹۴/۱/۱۵ تا ۱۳۹۷/۱۱/۲۹ استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در بورس تهران به احتمال ۶۸٪ نیمه عمر تلاطم حدود ۲۷ روز است. همچنین با احتمال بیش از ۵۰٪ وجود اثر اهرمی در این بازار تایید شده است. همچنین، با استفاده از معیار انحراف اطلاعاتی بیزی الگوی GJR-GARCH به عنوان بهترین مدل برای پیش‌بینی تلاطم در بازار سهام انتخاب می‌شود.

فتحی‌زاده و دیگران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر تورم شرکای تجاری بر تلاطم تورم در ایران در دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۸۰ پرداختند. در این پژوهش به منظور اندازه‌گیری تلاطم تورم در ایران از واریانس شرطی جملات پسماند در معادله نرخ تورم استفاده شده و بدین منظور الگوهای مختلف GARCH شامل GARCH، TGARCH، EGARCH و CGARCH به کار گرفته شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که الگوی GARCH نمایی (EGARCH) دقت بیشتری در محاسبه نوسانات نرخ تورم داشته است.

بافنده ایمان‌دوست و دیگران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای تحت عنوان پیش‌بینی نرخ ارز با مدل‌های عصبی - فازی[1]، شبکه عصبی- خودرگرسیونی[2] و خودرگرسیونی[3] در اقتصاد ایران به پیش‌بینی نرخ ارز دلار و یورو در بازه زمانی ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۷ پرداختند که نتایج مؤید کارایی بیشتر مدل‌های غیر خطی نسبت به مدل‌های خطی در همه‌ی افق‌های مورد بررسی است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که الگوهای با ضرایب متغیر در افق‌های زمانی طولانی با نوسانات مکرر از دقت بیشتری برخوردارند.

هاوزنبرگر و هوبر[4] (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی بی‌ثباتی در رگرسیون‌های پیش‌بینی نرخ ارز پرداختند. بدین منظور از مدل‌های مختلف پیش‌بینی نرخ ارز و داده‌های نرخ ارز کشورهای استرالیا، کانادا، ژاپن، نروژ، کره جنوبی، سوئد، سوئیس و انگلستان نسبت به دلار آمریکا در دوره زمانی ۲۰۱۷-۱۹۷۳ استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که قدرت پیش‌بینی الگوها در دوره‌های زمانی مختلف متفاوت است و هرگاه الگوهای مورد استفاده بتوانند تغییرات زمانی در ضرایب خود را بهتر اعمال کنند دقت بیشتری در پیش‌بینی تغییرات نرخ ارز دارند.

---

1. ANFIS
2. NNARX
3. ARIMA
4. Hauzenberger & Huber (2020)

آباته و مارسلینو[1] (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی دقت الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان در پیش‌بینی تغییرات نرخ ارز پرداختند. بدین منظور از داده‌های برابری ۹ ارز مطرح جهانی نسبت به دلار در دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۷۶ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان دقت بیشتری در پیش‌بینی تغییرات نرخ ارز بخصوص در افق‌های بلندمدت و دارای نوسانات زیاد دارند.

دیاس[2] (۲۰۱۷) رویکرد جدیدی برای برآورد ضرایب تصادفی متغیر در طول زمان صرف ریسک در چارچوب الگوی TVGARCH-in-mean معرفی کرده است. بررسی با استفاده از رویکرد مونت کارلو نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی در این مطالعه خصوصیات قابل قبولی در نمونه‌های محدود دارد. برای بررسی دقت از داده‌های ماهانه بازدهی اضافی شاخص CRSP در بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۲۵ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که ضرایب مدل صرف ریسک متغیر در طول زمان هستند و از درجه بالایی از ماندگاری برخوردارند.

ملتیک[3] (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای با هدف آزمون میزان حساسیت کشورهای مختلف شامل دو گروه توسعه‌یافته و EEC نسبت به شوک‌های مثبت و منفی نرخ ارز، به مدل‌سازی و پیش‌بینی نرخ ارز پرداخت. با مقایسه‌ی مدل‌های GARCH متقارن و نامتقارن، به این نتیجه رسید که برای مدل‌سازی، مدل‌های متقارن GARCH قدرت بیشتری جهت انعکاس اثر تلاطم دارند و نتایج پیش‌بینی واریانس شرطی، نشان داد که به طور کلی مدل‌های GARCH متقارن در پیش‌بینی رفتار نرخ ارز در هر دو گروه از کشورها بسیار کارآ می‌باشند. تنها در مورد کشور رومانی مدل TGARCH به مدل GARCH ارجحیت داشت.

علی و دیگران[4] (۲۰۱۱) به بررسی عملکرد ۳ مدل جایگزین شامل ARIMA، GARCH و State Space برای پیش‌بینی روزانه نرخ ارز بین بانکی دلار به روپیه پاکستان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از میان مدل‌های مورد بررسی مدل State Space از دقت بیشتری برخوردار است.

به عنوان جمع‌بندی می‌توان اضافه نمود که بررسی ادبیات تجربی نشان می‌دهد که گرایش گسترده‌ای به استفاده از مدل‌های خانواده ARCH درمدل‌سازی و محاسبه واریانس متغیرهای

1. Abbate & Marcellino (2017)
2. Dias (2017)
3. Miletic (2015)
4. Ali (2011)

مختلف، به خصوص در مطالعات اقتصادی دیده می‌شود. با وجود این‌که در معدود مطالعات خارج از کشور قدرت پیش‌بینی مدل‌های با ضرایب متغیر زمانی با مدل‌های مرسوم خانواده ARCH مورد بررسی قرار گرفته است، اما در داخل کشور بخصوص در رابطه با متغیر نرخ ارز از الگوهای با ضرایب متغیر زمانی استفاده نشده است. نوآوری اصلی این پژوهش در دو حوزه قابل بررسی است. نخست، بررسی ادبیات موضوع در داخل کشور نشان می‌دهد که برای محاسبه و اندازه‌گیری تلاطم در نرخ ارز و یا سایر متغیرهای اقتصادی از رویکردهای مرسوم اقتصادسنجی استفاده می‌شده است و تاکنون با استفاده از رویکرد GARCH با ضرایب متغیر در طول زمان این کار صورت نگرفته است. نوآوری دیگر پژوهش به رویکرد پژوهش در روش برآورد ضرایب بر می‌گردد. در این پژوهش به تبعیت از چان[1] (۲۰۱۵) به منظور برآورد ضرایب ثابت و همچنین ضرایب متغیر در طول زمان از رویکرد زنجیره مارکوف مونت کارلو[2] (MCMC) استفاده می‌شود. بدین منظور از رویکرد بیزین و یک الگوریتم زنجیره مارکوف برای شبیه‌سازی توابع پیشین مشترک[3] استفاده شده است.

۳- روش پژوهش

در این قسمت الگوی GARCH با ضرایب متغیر درطول زمان برای مدل‌سازی تلاطم نرخ ارز در ایران معرفی می‌شود. ابتدا الگوی GARCH مرسوم معرفی می‌شود. به منظور برآورد یک الگوی GARCH معمولا ابتدا الگوی ARIMA بر روی یک سری زمانی برآورد می‌شود و در صورت وجود ناهمسانی واریانس در جملات اخلال، الگوی GARCH بر روی جملات اخلال بنا می‌شود. بدین منظور ابتدا الگوی ARIMA معرفی می‌شود.

غالباً زمانی که موضوع، اندازه‌گیری میزان تلاطم یک متغیر اقتصادی باشد تمایل به استفاده از مدل‌های گارچ[4] (GARCH) بیش از سایر مدل‌هاست. از میان مدل‌های خانواده GARCH، مدل GARCH(1,1) محبوب‌تر است که به شکل زیر فرموله می‌شود (لی و دیگران[5]، ۲۰۱۷).

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2 \quad \omega, \alpha \ and \ \beta \geq 0 \qquad (۱)$$

1. Chan (2015)
2. Markov Chain Monte Carlo
3. Joint Posterior Distribution
4. Generalized Auto-Regressive Conditional Heteroscedastic
5. Lee (2017)

از آن‌جا که در مدل GARCH، ε_tها با توان دوم در معادله ظاهر می‌شوند، علامت این تکانه‌ها تاثیری روی واریانس شرطی ندارد. این در حالی است که مشاهده شده تکانه‌های منفی و اخبار بد، واریانس را بیشتر از تکانه‌های خوب یا اخبار خوب افزایش می‌دهد. بدین منظور نلسون[1] (۱۹۹۱) GARCH نمایی و یا EGARCH را معرفی نمود که به صورت زیر است:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \frac{|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^{q} b_j h_{t-j} \quad , h_t = ln\sigma_t^2 \qquad (۲)$$

در این مدل وقتی ε_t مثبت است اثر کل تکانه وارده به اندازه $(1+\gamma_t)\varepsilon_t$ است و اگر اخبار بد وجود داشته باشد اثر کل تکانه برابر با قدر مطلق $(1-\gamma_t)\varepsilon_t$ خواهد بود. اگر قرار باشد اخبار بد دارای واریانس بالاتری باشند انتظار می‌رود γ منفی باشد. این الگو علاوه بر جداسازی تاثیر اخبار خوب و بد مزیت دیگری نیز دارد که بدون هیچ قیدی برای ضرایب، واریانس همواره مثبت خواهد بود (ابونوری و زابل، ۲۰۱۸).

از آن‌جا که تلاطم تصادفی در طول زمان متغیر است و اثر مستقیم بر متغیر دارد بنابراین، در این مطالعه علاوه بر الگوهای GARCH مرسوم، الگویی توسعه داده می‌شود که بتواند این اثرات را به خوبی نشان دهد. بدین منظور، مدل (TVP-SVM)[2] بر اساس الگوی معرفی شده توسط کوپمن و هول آسپنسکی[3] (۲۰۰۲) برای تلاطم نرخ ارز در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در الگوی معرفی شده توسط کوپمن و هول آسپنسکی از رویکرد حداکثر راستنمایی بر اساس فیلتر کالمن برای برآورد ضرایب ثابت استفاده شده است، اما در این پژوهش به تبعیت از چان (۲۰۱۵) به منظور برآورد ضرایب ثابت و همچنین ضرایب متغیر در طول زمان از رویکرد زنجیره مارکوف مونت کارلو (MCMC) استفاده خواهد شد.

اگر y_t سری زمانی متغیر مورد بررسی در نظر گرفته شود خواهیم داشت:

$$y_t = X_t^{'}\beta_t + \alpha_t e^{h_t} + \varepsilon_t^y, \ \ \varepsilon_t^y \sim \mathrm{N}\left(0, e^{h_t}\right) \qquad (۳)$$

$$h_t = \mu + \emptyset(h_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t^h, \ \ \varepsilon_t^h \sim \mathrm{N}(0, \sigma^2) \qquad (۴)$$

[1]. Nelson (1991)
[2]. Time-Varying Parameter Stochastic Volatility in Mean (TVP-SVM)
[3]. Koopman & Hol Uspensky (2002)

که X_t بردار $(k \times 1)$ از متغیرها، β_t هم بردار $(k \times 1)$ از ضرایب متغیر در طول زمان و ε_t^y و ε_t^h جملات اخلال هستند که فرض می‌شود در طول زمان ناهمبسته هستند. لگاریتم تلاطم h_t با فرض $h_1 \sim N(\mu, \sigma^2/(1-\emptyset^2))$ یک فرآیند ایستای AR(1) را با شرط $|\emptyset| > 1$ ایجاد می‌کند. بردار ضرایب $\gamma_t = (\alpha_t, \beta_t')'$ شامل فرایند گام تصادفی به صورت رابطه شماره (۵) است:

$$\gamma_t = \gamma_{t-1} + \varepsilon_t^{\gamma}, \quad \varepsilon_t^{\gamma} \sim N(0, \Omega) \qquad (۵)$$

که در آن Ω ماتریس کواریانس $(k+1) \times (k+1)$ است. با توجه به ادبیات موجود در رابطه با پارامترهای متغیر زمانی خودرگرسیون برداری (TVP-VAR) (کاگلی و دیگران[1]، ۲۰۱۰)، می‌توان وجود یک ساختار همبستگی کلی میان ضرایب گام تصادفی را پذیرفت. در نهایت، فرآیند گام تصادفی در رابطه (۵) برای ماتریس ثابت γ_0 و Ω_0 با مقادیر اولیه $\gamma_1 \sim N(\gamma_0, \Omega_0)$ ارزش‌گذاری می‌شود (چان[2]، ۲۰۱۵: ۴).

در این پژوهش با استفاده از رویکرد بیزین یک الگوریتم MCMC برای شبیه‌سازی از تابع توزیع پیشین مشترک توسعه داده می‌شود. با توجه به ماهیت الگوریتم‌های MCMC، می‌توان هر کدام از شرایط را شبیه‌سازی نموده و این امر می‌تواند باعث کاهش ابعاد مسئله شده و باعث ساده‌تر شدن برآوردها شود. بدین منظور، فرض می‌شود که توزیع‌های مستقلی برای σ^2، μ، ϕ و Ω به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$\mu \sim N(\mu_0 . V_\mu)\ \phi \sim N(\phi_0 . V_\phi) I(|\phi| < 1);\ \sigma^2 \sim IG(v_{\sigma^2} . S_{\sigma^2});\ \Omega \sim IW(v_\Omega . S_\Omega) \qquad (۶)$$

که در این رابطه $IG(.,.)$ بیان‌گر معکوس توزیع گاما و $IW(.,.)$ بیان‌گر معکوس توزیع ویشارت است. باید توجه نمود که شرط مانایی $(|\phi| < 1)$ برای توزیع ϕ وضع می‌گردد. اگر X متغیرهای $y = (y_1 . \dots . y_T)'$ و $\gamma = (\gamma_1 . \dots . \gamma_T)'$ و $h = (h_1, \dots, h_T)'$ باشد، در این صورت توزیع‌های پیشین آن‌ها به ترتیب با استفاده از نمونه‌های زیر بدست می‌آید.

1. $p(h|y, x, \gamma, \mu, \phi, \sigma^2, \Omega) = p(h|y, x, \gamma, \mu, \phi, \sigma^2);$
2. $p(\gamma|y, x, h, \mu, \phi, \sigma^2, \Omega) = p(\gamma|y, x, h, \Omega);$

[1]. Cogley (2010)
[2]. Chan (2015)

3. $p(\Omega, \sigma^2|y, x, \gamma, h, \mu, \phi) = p(\Omega|\gamma)\, p(\sigma^2|h, \mu, \phi)$;
4. $p(\mu, \phi|y, x, \gamma, h, \sigma^2, \Omega) = p(\mu, \phi|h, \sigma^2)$.

با توجه به توابع داده شده، تابع چگالی مشترک $p(h|y, x, \gamma, \mu, \phi, \sigma^2)$ دارای ابعاد بزرگ و غیر استاندارد است. برای شبیه‌سازی این توزیع، با توجه به این واقعیت که هشین تابع $\log p(h|y, x, \gamma, \mu, \phi, \sigma^2)$ یک ماتریس کراندار است، می‌توان از رویکرد چان و استراچن[1] (۲۰۱۴) استفاده کرد. بدین منظور، از آن‌جا که تقریب گاوسی[2] به سرعت قابل محاسبه است می‌تواند به عنوان چگالی پیشنهادی در فرآیند الگوریتم متروپولیس- هستینگ[3] به کار گرفته شود. این کار با استفاده از رویکرد بیزین صورت می‌گیرد. با استفاده از تئوری بیزی داریم:

$$p(h|y, x, \gamma, \mu, \phi, \sigma^2) \propto\ p(y|x, \gamma, h)\ \ p(h|\mu, \phi, \sigma^2)$$

با مقدار داده شده برای $\tilde{h} = (\tilde{h}_1 \ldots . \tilde{h}_T)'$ می‌توان تقریب لگاریتمی حداکثر راستنمایی شرطی تابع $\log p(y|x, \gamma, h) = \sum_{t=1}^{T} \log p(y_t|x_t, \gamma_t, h_t)$ را با استفاده از بسط مرتبه دوم تیلور[4] حول $\tilde{h}$ به صورت زیر بدست آورد.

$$\log p(y|x, \gamma, h) \approx \log p\big(y|x, \gamma, \tilde{h}\big) + \big(h - \tilde{h}\big)' f - \frac{1}{2}\big(h - \tilde{h}\big)' G\big(h - \tilde{h}\big) = -\frac{1}{2}\Big(h'Gh - 2h'\big(f + G\tilde{h}\big)\Big) + c_1 \qquad (۷)$$

می‌توان داشت:

$$\log p(h|\mu, \phi, \sigma^2) = -\frac{1}{2}\big(h' H_\emptyset' S_h^{-1} H_\emptyset h - 2h' H_\emptyset' S_h^{-1} H_\emptyset \delta_h\big) + c_2 \qquad (۸)$$

که $\delta_h = H_\emptyset^{-1}\widetilde{\delta_h}$ و c_2 مقدار ثابت و مستقل از h است. با ترکیب روابط شماره (۷) و (۸) خواهیم داشت:

$$\log p(h|y, x, \gamma, \mu, \phi, \sigma^2) = \log p(y|x, \gamma, h) + \log p(h|\mu, \phi, \sigma^2) + c_3 \approx -\frac{1}{2}(h' K_h h - 2h' k_h) + c_4 \qquad (۹)$$

---

1. Chan and Strachan (2014)
2. Gaussian
3. Metropolis-Hastings
4. Taylor Expansion

که c_3 و c_4 مقادیر ثابت و مستقل از h هستند، $K_h = H_\emptyset' S_h^{-1} H_\emptyset + G$ و $k_h = f + G\tilde{h} + H_\emptyset' S_h^{-1}\delta_h$ هستند. بنابراین $p(h|y,x,\gamma,\mu,\phi,\sigma^2)$ را می‌توان با استفاده از تابع چگالی گاوسی با بردار میانگین $\tilde{h}$ و ماتریس دقت K_h تقریب نمود. پس، معادله (۶) به صورت زیر قابل بازنویسی است.

$$y_t = Z_t' \gamma_t + \varepsilon_t^y \qquad \varepsilon_t^y \sim N(0, e^{h_t}) \tag{۱۰}$$

بنابراین، با توجه به مطالب بیان شده برآورد تلاطم نرخ ارز در چارچوب الگوی TVP-SVM بر اساس روابط زیر صورت می‌پذیرد (چان، ۲۰۱۷: ۲۴).

$$y_t = \tau_t + \alpha_t e^{h_t} + \varepsilon_t^y \qquad \varepsilon_t^y \sim N(0. e^{h_t}) \tag{۱۱}$$

$$h_t = \mu + \emptyset(h_{t-1} - \mu) + \beta y_{t-1} + \varepsilon_t^h \quad \varepsilon_t^y \sim N(0. \sigma^2) \tag{۱۲}$$

$$\gamma_t = \gamma_{t-1} + \varepsilon_t^y \qquad \varepsilon_t^y \sim N(0. \Omega) \tag{۱۳}$$

از آن‌جا $\exp(h_t)$ واریانس اجزاء موقت است، ضرایب مرتبط در معادله میانگین شرطی هستند، α_t، می‌تواند به عنوان تاثیر تلاطم گذرا بر سطح نرخ ارز تفسیر شود. همچنین در این معادلات وقفه نرخ ارز، y_{t-1} به عنوان یک متغیر توضیحی است که توانایی تاثیر گذاشتن بر نوسان نرخ ارز در وقفه جاری (h_t) را دارد.

با توجه به این‌که داده‌های پژوهش سری زمانی هستند قبل از بررسی و برآورد الگو لازم است مانایی متغیر با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش به منظور بررسی مانایی، آزمون ریشه واحد زیوت و اندروس[1] بکار گرفته می‌شود. در رویکرد زیوت و اندروس (۱۹۹۲) فرض می‌شود که زمان شکست ساختاری از قبل معلوم نبوده و بایستی به صورت درون‌زا تعیین شود. در این رویکرد شکست ساختاری به سه شکل ۱- تغییر در عرض از مبدا، ۲- تغییر در شیب و ۳- تغییر همزمان در شیب و عرض از مبدا، مورد بررسی قرار می‌گیرد (وحید و همکاران[2]، ۲۰۰۶: ۵).

برای مقایسه دقت پیش‌بینی مدل به داده‌های برون نمونه‌ای نیازمندیم. از آن‌جا که متغیر تلاطم واقعی نرخ ارز یک متغیر پنهان است و در مطالعه برآورد می‌گردد (به عبارت دیگر متغیری که

[1]. Zivot and Andrews
[2]. Waheed (2006)

توسط الگوهای خانواده ARCH برآورد می‌شود نرخ ارز نیست که مقدار واقعی آن را داریم، بلکه تلاطم نرخ ارز است که مقدار آن در دنیای واقعی مشخص نیست)، بنابراین از مقادیر برآوردی تلاطم به عنوان جایگزین برای آن استفاده می‌شود. پاتون[1] (۲۰۱۱) نشان داد که در این حالت، از میان ۹ تابع زیان مرسوم، تنها دو تابع زیان MSE و QLIKE در صورت وجود خطا در انتخاب متغیر جایگزین پایدار هستند. از این رو در این مطالعه به تبعیت از پاتون (۲۰۱۱) و ابونوری و زابل (۲۰۱۸) برای سنجش دقت پیش‌بینی درون و برون نمونه‌ای الگوها از دو تابع زیان میانگین مربعات خطا[2] (MSE) و کیولایک (QLIKE) که بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شوند استفاده می‌شود:

$$MSE_t = (\sigma_t^2 - \hat{\sigma}_t^2) \quad (۱۴)$$

$$QLIKE_t = \log(\hat{\sigma}_t^2) + \frac{\sigma_t^2}{\hat{\sigma}_t^2} \quad (۱۵)$$

۴- یافته‌های پژوهش

در این قسمت با استفاده از الگوی معرفی شده، تلاطم نرخ ارز در ایران محاسبه شده و با استفاده از معیارهای معرفی شده، دقت این الگو با الگوهای GARCH مرسوم مقایسه می‌شود. داده‌های پژوهش شامل اطلاعات ماهانه نرخ ارز (برابری دلار به ریال) در بازار غیر رسمی در m3 ۱۳۹۹- ۱۳۶۴m1 است. لازم به ذکر است که برآورد ضرایب با استفاده از داده‌های ۱۳۹۷-۱۳۶۴ صورت می‌گیرد و از داده‌های ۱۳۹۹m3-۱۳۹۸ صرفا برای مقایسه برون نمونه استفاده خواهد شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از بانک داده‌های برخط بانک مرکزی استخراج شده‌اند.

به منظور محاسبه تلاطم نرخ ارز با استفاده از الگوی GARCH، ابتدا با استفاده از روش باکس- جنکینز الگوی ARIMA برآورد می‌شود و سپس الگوی GARCH بر روی جملات اخلال الگوی ARIMA بنا می‌شود.

بدین منظور ابتدا مانایی سری زمانی با استفاده از آزمون ریشه واحد مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج آزمون ریشه واحد در جدول (۱) آمده است. برای آزمون ریشه واحد از حالت سوم الگوی زیوت-اندروس استفاده شده و وجود تغییر در عرض از مبدا و شیب به صورت همزمان مورد بررسی قرار گفته است.

---

1. Patton (2011)
2. Mean Square of Errors

جدول ۱: نتایج آزمون ریشه واحد زیوت-اندروس برای متغیر نرخ ارز

زمان شکست	نتیجه آزمون	وقفه بهینه	مقدار آماره	مقدار بحرانی در سطح معناداری ۵٪
۱۳۹۲m۰۸	نامانا	۶	-۲/۱۲	-۵/۰۸

ماخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در جدول مشخص است، نتایج بدست آمده از آزمون ریشه واحد نشان می‌دهد که متغیر نرخ ارز در سطح نامانا است. همچنین آزمون وجود یک شکست ساختاری در عرض از مبدا و روند متغیر در آبان ماه **۱۳۹۲** را تایید کرده است. بنابراین، با توجه به مطالب بیان شده رویکردهای متعارف اقتصادسنجی که بر مبنای برآورد ضرایب ثابت در طول زمان هستند دقت و توانایی لازم برای استخراج نوسانات این متغیر را ندارند و لازم است از الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان برای برآورد ضرایب استفاده شود.

در ادامه ابتدا برآوردی از نرخ ارز توسط الگوی ARIMA با استفاده از رویکرد باکس-جنکینز ارائه می‌شود. بهترین الگوی ARIMA دارای فرآیند خودرگسیونی از مراتب **۳،۲،۱** و **۱۲** و فرآیند میانگین متحرک از مرتبه **۱** بوده است. لازم به ذکر است که الگوی انتخابی دارای کمترین مقدار برای آماره شوارتز بوده است. خصوصیات الگوی انتخابی بر اساس این رویکرد در جدول **(۲)** آمده است.

جدول ۲: مشخصات الگوی ARIMA منتخب

متغیر	ضریب	انحراف معیار	سطح معناداری
AR(1)	۰/۴۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
AR(2)	۰/۵۹۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰
MA(1)	۱/۵۷۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰
MA(1)	۰/۹۴۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰
R^2	۰/۹۹۱۱۰		
آماره شوارتز	۱۸/۰۶۸		
آزمون	**آماره**	**مقدار**	**سطح معناداری**
ناهمسانی واریانس ARCH	F	۴۴/۷۰۳	۰/۰۰۰
	$Obs*R^2$	۴۰/۴۵۸	۰/۰۰۰
آزمون خودهمبستگی LM	F	۱/۶۴	۰/۱۹۶
	$Obs*R^2$	۳/۳۱	۰/۱۹۱

ماخذ: یافته‌های پژوهش

در ادامه وجود ناهمسانی واریانس در اجزا اخلال الگوی ARIMA مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورت وجود ناهمسانی واریانس در جملات اخلال می‌توان اقدام به برآورد الگوی GARCH

نمود. در این مطالعه جهت بررسی وجود ناهمسانی واریانس در جملات اخلال از آزمون ARCH استفاده شده است. فرض صفر آزمون ARCH نبود اثرات واریانس ناهمسانی است. با توجه به این‌که مقدار آماره آزمون از مقدار بحرانی بزرگتر است و سطح معناداری برای هر دو آماره F و χ^2 صفر بدست آمده است، فرضیه صفر رد می‌شود که نشان دهنده وجود اثرات ناهمسانی واریانس در جملات اخلال است.

به منظور برآورد الگوی GARCH بر روی جملات اخلال، لازم است عناصر جزء اخلال دارای ناهمسانی واریانس باشند و مشکل خودهمبستگی نداشته باشند. از این رو علاوه بر بررسی وجود واریانس ناهمسانی، خودهمبستگی اجزاء اخلال نیز باید بررسی شود. در الگوهای ARIMA به دلیل وجود وقفه متغیر وابسته آماره دوربین–واتسون قابل اعتماد نیست، از این رو در این مطالعه از آزمون خودهمبستگی LM استفاده شده است. فرضیه صفر این آزمون بر وجود خودهمبستگی در جملات اخلال دلالت می‌کند. نتایج آزمون نشان‌دهنده رد فرضیه صفر و نبود مشکل خودهمبستگی در جملات اخلال است. با توجه به نتایج به دست آمده، در ادامه الگوهای مختلف خانواده ARCH بر روی جملات اخلال بنا شده و سپس دقت پیش‌بینی الگوها در مدل‌سازی رفتار اجزاء اخلال متغیر نرخ ارز که دچار مشکل ناهمسانی واریانس است مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بنابراین در ادامه ضرایب الگوی GARCH برآورد می‌شود. خصوصیات الگوی GARCH برآورد شده در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳: مشخصات الگوی GARCH

متغیر	ضریب	انحراف معیار	سطح معناداری
ARCH(-1)	۰/۲۲۷	۱/۱۹۳	۰/۸۴۹
ARCH(-2)	۰/۵۰۹	۰/۷۴۴	۰/۵۵۶
GARCH(-1)	۰/۴۰۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
GARCH(-2)	۰/۳۱۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰
R^2	۰/۹۹۳۴۷		
آماره شوارتز	۱۷/۸۴۷		

ماخذ: یافته‌های پژوهش

الگوی EGARCH دومین الگوی مورد استفاده در این پژوهش است. لازم به ذکر است که الگوی برآورد شده توسط نرم افزار ایویوز[1] با الگوی معرفی شده در رابطه (۲) متفاوت است. الگوی برآوردی نرم افزار به صوت زیر است:

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

مقادیر برآورد شده برای ضرایب در جدول (۴) آمده است. ضرایب بدست آمده مثبت و از نظر آماری معنادار هستند که نشان می‌دهد انحراف شرطی در این دوره به صورت مثبت تحت تاثیر مقدار تلاطم دوره قبل است. C(9) ضریب مربوط به تاثیر لگاریتم واریانس دوره قبل بر لگاریتم واریانس دوره جاری است که نشان می‌دهد بیش از ۹۵ درصد واریانس هر دوره به دوره بعد منتقل می‌شود. ضریب C(8) نیز فرضیه تفاوت در اخبار خوب و بد بر نوسانات را آزمون می‌کند، مقدار ضریب بدست آمده از نظر آماری معنادار است که نشان می‌دهد تفاوت معناداری میان تاثیر اخبار خوب و بد بر نوسانات نرخ ارز وجود دارد. همچنین ضرایب بدست آمده مثبت است که نشان می‌دهد اخبار خوب (در اینجا اخباری که باعث افزایش قیمت دلار می‌شوند) نسبت به اخبار بد (در اینجا اخباری که باعث کاهش قیمت دلار می‌شوند) تاثیر بیشتری دارند. بررسی نوسانات نرخ ارز در دوره مورد بررسی بخصوص از سال‌های پایانی دهه ۸۰ شمسی نیز نشان می‌دهد که اخبار خوب در این موضوع که عموما اخبار مربوط به تشدید تحریم‌ها و ممنوعیت‌های تجاری برای کشور در سطح بین‌المللی است تغییرات شدیدتری در نرخ ارز داشته و تاثیر آن‌ها ماندگارتر بوده است. اخبار بد در اینجا نیز که معطوف به کاهش تنش‌های بین‌المللی و کمرنگ شدن تحریم و محدودیت‌هاست عملا تاثیر کوچکتری بر کاهش نرخ ارز داشته و تاثیرات آن‌ها به سرعت از بین رفته است.

جدول ۴: مشخصات الگوی GARCH نمایی

متغیر	ضریب	انحراف معیار	سطح معناداری
c (6) = ω	-۰/۱۲۳	۰/۰۸۲	۰/۱۳۵
c (7) = α	۰/۷۸۷	۰/۰۷۴	۰/۰۰۰
c (8) = γ	۰/۳۸۷	۰/۰۴۲	۰/۰۰۰
c (9) = β	۰/۹۵۸	۰/۰۶۳	۰/۰۰۰
R^2	۰/۹۸۷		
آماره شوارتز	۱۳/۰۷۷		

ماخذ: یافته‌های پژوهش

[1]. Eviews

پس از برآورد بهترین الگوی GARCH، در ادامه الگوی TVGARCH برآورد می‌گردد. برآورد الگوی مورد نظر توسط نرم‌افزار متلب[1] و در نظر گرفتن حداکثر تکرار ۲۰۰۰۰ صورت گرفته است. لازم به ذکر است، کدهای اولیه مورد استفاده در این مطالعه بر اساس رویکرد چان (۲۰۱۷) می‌باشند و طریق مکاتبه با ایشان دریافت شده‌اند. نتایج برآورد روابط (۳) و (۴) در جدول (۵) آمده است. μ مقدار میانگین برای لگاریتم شاخص تلاطم (h_t) است. مقادیر بدست آمده برای μ نشان می‌دهد که در دوره مورد بررسی شاخص نوسان به طور میانگین برابر با ۰/۳۵۸ بوده و با اطمینان ۹۰ درصد می‌توان گفت که لگاریتم شاخص تلاطم در بازه ۰/۷۹۱- تا ۱/۵۵۷ قرار دارد. این فاصله بیان‌گر رفتار متغیر تلاطم نرخ ارز در دوره مورد بررسی است. در برخی ماه‌ها تغییرات به حدی کم بوده که لگاریتم آن منفی شده و در برخی ماه‌ها نوسان شدید بوده به نحوی که باعث شده لگاریتم آن از یک بیشتر شود. ϕ تاثیر تلاطم دوره قبل بر تلاطم دوره جاری را نشان می‌دهد، مقدار به دست آمده مثبت است و با اطمینان ۹۰ درصد می‌توان گفت مقادیر این ضریب در دوره زمانی مورد بررسی در بازه ۰/۹۱۶ تا ۰/۹۸۸ قرار می‌گیرد. این مقدار نشان می‌دهد که تلاطم دوره قبل به این دوره نیز منتقل می‌شود. در واقع تقریبا ۹۶ درصد تلاطم ایجاد شده در هر دوره به دوره بعد منتقل می‌شود.

α بیان‌گر رابطه میان تلاطم نرخ ارز و مقدار نرخ ارز در هر دوره است. میانگین بدست آمده برای این ضریب مثبت است که بیان می‌کند به طور کلی در دوره‌هایی که نرخ ارز افزایشی بوده تلاطم نرخ ارز نیز بیشتر بوده است.

ضریب β رابطه میان نرخ ارز دوره جاری با مقادیر در دوره‌های قبلی را نشان می‌دهد. میانگین بدست آمده برای این متغیر مثبت است اما در طول زمان مقادیر منفی نیز داشته است. البته مقدار بدست آمده برای این متغیر کوچک است و نشان‌دهنده تاثیر اندک مقادیر نرخ ارز دوره‌های گذشته بر نرخ ارز دوره جاری است.

جدول ۵: توزیع مقدار میانگین و فاصله اطمینان ۹۰ درصدی برای ضرایب

ضریب	میانگین	بازه فاصله اطمینان ۹۰ درصد
μ	۰/۳۵۸	(۰/۷۹۱- ، ۱/۵۵۷)
$\emptyset$	۰/۹۵۶	(۰/۹۱۶ ، ۰/۹۸۸)
α	۰/۸۹۷	(۰/۶۷۳- ، ۱/۸۶۲)
β	۰/۰۰۳	(۰/۰۰۶- ، ۰/۰۱۳)

ماخذ: یافته‌های پژوهش

[1]. MATLAB

پس از برآورد الگوهای مختلف از تلاطم نرخ ارز، لازم است دقت برآورد الگوها با هم مقایسه شود. رویکردهای مختلفی برای مقایسه دقت الگوها وجود دارد، رویکرد مرسوم این است که مقادیر برآورد شده توسط الگوها با مقادیر واقعی مقایسه شود و الگویی که خطای کمتری دارد انتخاب شود. رویکرد دیگر مقایسه قدرت پیش‌بینی الگوهاست. در این رویکرد ضرایب الگوها با استفاده از داده‌های یک مقطع زمانی برآورد می‌شوند و الگویی که بتواند در خارج از مقطع مورد استفاده پیش‌بینی بهتری داشته باشد به عنوان الگوی دقیق‌تر انتخاب می‌شود. در این پژوهش تلفیقی از دو رویکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین صورت که با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۴ ضرایب الگوها برآورد می‌شوند و سپس مقادیر برآوردی الگوها برای نرخ ارز در این دوره با مقادیر واقعی مقایسه می‌شوند که مقایسه درون نمونه‌ای نامیده می‌شود. در قدم دوم، با استفاده از الگوهای برآورد شده، مقادیر نرخ ارز برای سال ۱۳۹۸ تا ماه سوم ۱۳۹۹ پیش‌بینی می‌شوند و مقادیر پیش‌بینی شده توسط الگوها با مقادیر واقعی نرخ ارز در این دوره مقایسه می‌شوند، که این رویکرد مقایسه برون نمونه‌ای نامیده می‌شود.

همان‌گونه که قبلا اشاره شد بدین منظور از معیار RMSE و QLIKE استفاده می‌شود. جدول (۶) مقایسه دقت الگوها را نشان می‌دهد.

جدول ۶: مقایسه دقت الگوهای مختلف

نوع مقایسه	روش	معیار MSE	معیار QLIKE
درون نمونه	GARCH	۴۳۷۶۰۳۳/۶۵	۵۳۴/۷۶۱
	EGARCH	۵۵۷۳۹۴۴/۷۶	۵۲۷/۸۴۱
	TV-GARCH	۱۷۶۲۱۸۴/۵۷	۴۸۳/۵۱۷
برون نمونه (m3)۱۳۹۸-۱۳۹۹	GARCH	۵۸۴۸۳۱۵/۸۴	۳۶/۲۸۳
	EGARCH	۵۶۹۴۱۲۲/۳۷	۳۵/۵۴۹
	TV-GARCH	۲۴۳۶۷۵۱/۹۶	۳۳/۵۶۴

ماخذ: یافته‌های پژوهش

در مقایسه درون نمونه، بر اساس معیار MSE الگوی TVGARCH قدرت بیشتری در الگوسازی نوسانات داشته است و در بین الگوهای مرسوم قدرت الگوی GARCH بیشتر از EGARCH بوده است. بر اساس معیار QLIKE نیز الگوی TVGARCH قدرت بیشتری از دو الگوی دیگر دارد، اما بر اساس این معیار الگوی EGARCH توانایی بیشتری نسبت به الگوی GARCH در مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز داشته است.

در مقایسه برون نمونه نیز الگوی TVGARCH بر اساس هر دو معیار پیش‌بینی‌های دقیق‌تری داشته است. از میان الگوهای مرسوم نیز قدرت پیش‌بینی EGARCH بر اساس هر دو معیار از الگوی GARCH بیشتر بوده است.

به هر حال با توجه به نتایج دو معیار می‌توان گفت الگوی GARCH با ضرایب متغیر در طول زمان در هر دو معیار کمتر از الگوهای GARCH مرسوم است که نشان‌دهنده قدرت بیشتر این الگو در پیش‌بینی و مدل‌سازی تلاطم نرخ ارز است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به تاکید ادبیات نظری و تجربی نسبت به استفاده از الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان در مدل‌سازی و بررسی رفتار متغیرهای اقتصادی، در این پژوهش الگوی GARCH با ضرایب متغیر زمانی برای برآورد و محاسبه نوسانات نرخ ارز در ایران معرفی شد و دقت این الگو با الگوهای GARCH با ضرایب ثابت مقایسه شده است.

برای بررسی قدرت پیش‌بینی الگوی TV-GARCH با الگوهای مرسوم GARCH و EGARCH از معیارهای MSE و QLIKE استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بر اساس معیار میانگین مجذور خطا الگوی GARCH معمولی قدرت بیشتری از الگوی GARCH نمایی دارد و قدرت الگوی GARCH با ضرایب متغیر در طول زمان از هر دو الگوی مرسوم بیشتر است. بر اساس معیار کیولایک نیز الگوی GARCH با ضرایب متغیر بالاترین قدرت را در مدل‌سازی تلاطم نرخ ارز داشته است، اما بر اساس این معیار قدرت الگوی GARCH نمایی از الگوی GARCH معمولی بیشتر بوده است.

به طور کلی، نتایج پژوهش نشان‌دهنده قدرت بیشتر الگوی TV-GARCH نسبت به الگوهای مرسوم GARCH است. که این امر دلالت بر شکست ساختاری و تغییرات در رفتار متغیر نرخ ارز در اقتصاد ایران در دوره مورد بررسی دارد. این رخداد باعث شده است که رابطه میان اجزاء واریانس شرطی در طول زمان تغییر کند. به بیان دیگر در دوره‌های مختلف مقادیر متفاوتی برای ضرایب GARCH وجود داشته باشد.

نتایج بدست آمده از الگوی EGARCH نشان می‌دهد که در اقتصاد ایران به طور میانگین بیش از ۹۵ درصد تلاطم نرخ ارز در هر ماه به ماه دیگر منتقل می‌شود. همچنین بررسی نشان می‌دهد که اخبار مثبت (اخباری که منجر به افزایش نرخ ارز می‌شوند) نسبت به اخبار منفی (اخباری که منجر

به کاهش نرخ ارز می‌شوند) تلاطم بزرگتری در نرخ ارز ایجاد کرده است. بررسی روند نرخ ارز در ایران نیز نشان می‌دهد که تاثیر اخباری که باعث افزایش نرخ ارز و کاهش ارزش پول ملی می‌شود، بویژه از اواخر دهه ۸۰ شمسی، شدیدتر و ماندگارتر است. معمولا در این دوره تشدید تحریم‌ها و تنش‌های بین‌المللی تاثیرات بزرگتری نسبت به کاهش تحریم و تنش در نرخ ارز داشته است.

با توجه به نتایج بدست آمده از برآورد ضرایب در چارچوب الگوی TV-GARCH می‌توان گفت که ارتباط میان تلاطم‌ها و همچنین تاثیرپذیری نرخ ارز از تلاطم‌های آن در دوره‌های زمانی مختلف متفاوت بوده است که می‌تواند نشانه تغییرات در رفتار و انگیزه‌های کارگزاران اقتصادی و همچنین تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران باشد. با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از الگوهای TV-GARCH به جای الگوهای مرسوم GARCH با ضرایب ثابت پیشنهاد می‌شود.

References

Abbate, A. & Marcellino, M. (2017). "Point, Interval and Density Forecasts of Exchange Rates with Time Varying Parameter Models". Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society), **181**(1): 155-179.

Abounoori, E. & Zabol, M. (2018). "Comparing GARCH Models by Introducing Fuzzy Asymmetric Realized GARCH". Journal of Econometric Modelling **3**(4): 37-58. (In Persian)

Akbari, J. Bakhtiari, S. Sameti, M. & Ranjbar, H. (2017). "Surveying the Monetary Shocks Impact on the Income-Expenditure Relationship in the Iran's Government with the Approach of TVPFAVAR". Economic Modeling **10**(36): 53-73. (In Persian)

Ali, A. Muhammad Kashif, A. & Muhammad, A. (2011). "Estimation and Forecast of the Models for Stock Market Performance of the Oil & Gas Companies in Pakistan". Pakistan Journal of Social Sciences (PJSS) **31**(2): 345-363.

Asseery, A. & Peel, D. A. (1991). "The Effects of Exchange Rate Volatility on Exports: Some New Estimates". Economic Letter **37**(2): 173-177.

Bafandeh Imandoust, S. Fahimifard, S. & Shirzady, S. (2010). "Iran's Exchange Rate Forecasting Using ANFIS, NNARX & ARIMA Models (2002-2008)". Monetary & Financial Economics **16**(28): 176-192. (In Persian)

Basirat, M. Nasirpur, A. & Jorjorzadeh, A. (2014). "The Impacts of Exchange Rate Volatility on the Economic Growth with According to the Level of Financial Market Development". Journal of Financial Economics **9**(30): 141-156.

Bollerslev, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity". Journal of Econometrics **31**: 307-327.

Chan, J. C.C. & Strachan, R. (2014). "The Zero Lower Bound: Implications for Modelling the Interest Rate. Rimini Centre for Economic Analysis". Working Paper Series No. 42-14.

Chan, J.C.C. (2015). "The Stochastic Volatility in Mean Model with Time-Varying Parameters: An Application to Inflation Modeling". CAMA Working Paper No. 7/2015.

Chan, J.C.C. (2017). "The Stochastic Volatility in Mean Model with Time-Varying Parameters: An Application to Inflation Modeling". Journal of Business and Economic Statistics **35**(1): 17-28.

Chinn, M.D. & Meese, R.A. (1995). "Banking on Currency Forecasts: How Predictable is Change in Money?". Journal of International Economics **38**(1-2): 161-178.

Cogley, T. Primiceri, G. & Sargent, T. (2010). "Inflation-Gap Persistence in the U.S.". American Economic Journal: Macroeconomics **2**: 43-69.

Dias, G. F. (2017). "The Time-Varying GARCH-in-Mean Model". Economics Letters **157**: 129-132.

Elmi, Z. Aboonouri, E. Rasekhi, S. & Shahrazi, M. (2014). "The Influence of Volatility Structural Changes on Shock Transmission and Volatility Spillover between Gold and Stock Markets in Iran". Economic Modeling **8**(26): 57-73. (In Persian)

Engle, R. F. & Rangel, J. G. (2008). "The Spline-GARCH Model for Low-Frequency Volatility and its Global Macroeconomic Causes". Review of Financial Studies **21**: 1187-1222.

Engle, R.F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation". Econometrica **50**(4): 987-1007.

Fathizadeh, H. Piraei, K. & Asadi, E. (2017). "The Impacts of Iranian Trade Partners on the Inflation Uncertainty in Iran: GARCH Models Approaches". Applied Economics **9**(29): 77-94. (In Persian)

Hakkio, C.S. (1984). "Exchange Rate Volatility and Federal Reserve Policy". Economic Review **69**: 18-31.

Hauzenberger, N. & Huber, F. (2020). "Model Instability in Predictive Exchange Rate Regressions". Journal of Forecasting **39**(2): 168-186.

Koopman, S. J. & Hol Uspensky, E. (2002). "The Stochastic Volatility in Mean Model: Empirical Evidence from International Stock Markets". Journal of Applied Econometrics **17**(6): 667-689.

Lee, S. Nguyen, L. & Sy, M. (2017). "Comparative Study of Volatility Forecasting Models: the Case of Malaysia, Indonesia, Hong Kong and Japan Stock Markets". Economics World **23**: 299-310.

Longmore, R. & Robinson, W. (2004). "Modelling and Forecasting Exchange Rate Dynamics: an Application of Asymmetric Volatility Models". Bank Jam Working Pap WP2004/03.

Lucas, R. J. (1976). "Econometric Policy Evaluation: A Critique". Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy **1**(1): 19-46.

Mandelbrot, B. (1963). "The Variation of Certain Speculative Prices". Journal of Business **36**: 394-419.

McMillan, D. & Thupayagale, P. (2010). "Evaluating Stock Index Return Value-at-Risk Estimates in South Africa: Comparative Evidence for Symmetric, Asymmetric and Long Memory GARCH Models". Journal of Emerging Market Finance **9**(3): 325-345.

Meese, R.A. & Rogoff, K. (1983). "Empirical Exchange Rate Models of the Seventies: Do They Fit Out of Sample?". Journal of International Economics **14**(1): 3-24.

Miletic, S. (2015). "Modeling and Forecasting Exchange Rate Volatility: Comparison Between EEC and Developed Countries". Industrija **43**: 7-24.

Najarzade, R. Agheli, L. & Khorasani, E. (2019). "The Effect of Financial Market Variables and Macroeconomic Variables on Exchange Rate Returns of Iran and Major Trading Partners (1990 to 2015)". Economic Modeling **13**(47): 55-76. (In Persian)

Nelson, D. B. (1991). "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach". Econometrica **59**: 347-370.

Rostami, M. Makiyan, S. & Roozegar, R. (2021). "Stock Return Volatility using Bayesian Symmetric and Asymmetric GARCH". The Journal of Economic Policy **12**(24): 171-206. (In Persian)

Shahbazi, K. & Asadi, F. (2014). "Impact of Exchange Rate on Imports of Medicines and Medical Equipment". The Journal of Economic Policy **6**(11): 35-54. (In Persian)

Stock, J. H. & Watson, M. W. (2008). "Heteroskedasticity-Robust Standard Errors for Fixed Effects Panel Data Regression". Econometrica **76**(1): 155-174.

Waheed, M. Alam, T. & Ghauri, S. P. (2006). "Structural Breaks and Unit Root: Evidence from Pakistani Macroeconomic Time Series". MPRA Paper 1797, University Library of Munich, Germany.

Zivot, E. & Andrews, D. (1992). "Further Evidence of Great Crash, the Oil Price Shock and Unit Root Hypothesis". Journal of Business and Economic Statistics **10**: 251-270.

Original Research Article

Application of the TV-GARCH model in estimating the exchange rate volatility in Iran

Farhad Amiri[1]
Kaveh Derakhshani Darabi[2*]
Hamid Asayesh[3]

Received: 01-03-2021 Accepted: 05-10-2021

Introduction: Exchange rate volatility can affect the performance of macroeconomics, especially the competitiveness of countries. Real exchange rate volatility indicates the instability and uncertainty in relative prices. It creates an unstable and uncertain environment in the economy. Therefore, the study of the impacts of exchange rate volatility has a great importance. In order to study its effect, it is necessary to first measure the volatility as a quantitative variable. For this purpose, various econometric methods have been introduced, such as the Generalized Autoregressive Conditional Heterogeneity (GARCH). In general, choosing an accurate method for modeling and predicting volatility in economic variables has always been one of the goals of many studies. If volatility is not calculated accurately, misleading experimental results are obtained. After the critique of Lucas (1976), it became important to pay attention to models with time variable coefficients. One of the implications of Lucas' critique is that the estimated coefficients to express the relationship between the variables cannot be stable. This issue is especially important in developing countries where the process of changing economic structures is faster and wider. So, the purpose of this study is to introduce a time-varying GARCH model to calculate the exchange rate volatility in Iran.

Methodology: The research was based on the monthly exchange rate data (US dollar to Rial) in the market during 1985-2019. The data were extracted from the online database of the Central Bank of Iran. For the calculation of the volatility in economic variables, the tendency to use GARCH models is greater than other models. Among the GARCH models, GARCH (1,1) is the most popular. However, according to Stock and Watson (2008), because of

[1]. PhD students, Department of Economics, Aligudarz Branch, Islamic Azad University, Aligudarz, Iran

[2]. Assistant Professor, Department of Economics, Arak University, Visiting Professor Department of Economics in Islamic Azad University Aligudarz Branch
Email: k-derakhshani@araku.ac.ir

[3]. Assistant Professor, Department of Economics, University of Ayatollah Borujerdi

structural breaks, the most important problems of GARCH models is that they cannot make accurate predictions over the time. This gave more attention to time-varying parameter models and Markov chain Monte Carlo models. In these models, estimation coefficients can change over time. Also, the study of the financial time series shows that most of them are influenced by domestic or foreign political, economic and social events, such as financial crisis, oil shocks, war, political instability and sudden changes in foreign exchange policies. The effects of these events sometimes remain in the market for a long time. Therefore, it can be said that models with fixed coefficients do not have the ability to formulate the behavior of exchange rates, especially in the long-term horizons. Thus, it is necessary to use time-varying models with variable coefficients over time. In this study, in addition to conventional GARCH models, a time varying GARCH (TVGARCH) is introduced to show the different behaviors of exchange rate over time. For this purpose, the TVP-SVM model based on the model introduced by Koopman and Hol Uspensky (2002) is used to examine the exchange rate volatility in Iran. In this study, following Chan (2017), the Monte Carlo Markov Chain (MCMC) approach is used to estimate fixed coefficients and variable coefficients over time. Also, the Bayesian approach and the Markov chain algorithm have been used to simulate the prior distribution if common functions.

Results and Discussion: In order to calculate exchange rate volatility using GARCH family models, the ARIMA model was first estimated using the Box-Jenkins method, and then the GARCH model was estimated on the ARIMA model residuals.

The results of the Zivot- Andrews unit root test showed that the exchange rate has a non-stationary level. The test also confirmed the existence of a structural break in the time series. The estimated values for the coefficients of the GARCH and EGARCH models showed that the conditional volatility in this period is positively affected by the amount of variance in the previous period. Also, more than 95% of the variance of each period is transferred to the next period. The estimated coefficients also showed that there is a significant difference between the effect of good and bad news on exchange rate volatility; good news (i.e., the news that increases the dollar price) compared to bad news (i.e., the news that decreases the dollar price) have greater impacts.

As the results of the TVGARCH model showed, the volatility average was 0.358 with 90% confidence, and the logarithm of the variance index was, thus, in the range of -0.79 to 1.557. In the calculations, ϕ represented the effect of the variance of the previous period on the variance of the current period. It was positive and indicated that approximately 96% of the volatility created in each period was transferred to the next period. Also, α represented the relationship between the exchange rate volatility and the exchange rate in

each period. The average obtained for this coefficient was positive, implying that, in periods when the exchange rate increases, the exchange rate volatility is higher.

According to the comparisons performed on the sample and based on the MSE criterion, TVGARCH is the most accurate, and GARCH is more accurate than EGARCH. Moreover, according to the QLIKE criterion, the TVGARCH model is more powerful than the other two conventional models, and the EGARCH model has a higher accuracy than GARCH.

Conclusion: According to the results, the TV-GARCH model is more powerful than conventional GARCH models. This indicates structural failure and changes in the behavior of the exchange rate in the Iranian economy. It has caused the relationship between the components of the conditional variance to change over time. In other words, there are different values for GARCH coefficients in different periods. According to the results of the TV-GARCH model, the relationship between exchange rate and volatility has been varied over the time, which implies changes in the behavior and motivation of economic agents and the structural changes in the Iranian economy. According to the results, the use of the TV-GARCH model instead of the conventional GARCH with fixed coefficients is recommended.

Keywords: Exchange rate volatility, Conditional Heteroskedasticity, State-space model, Bayesian approach.