



## Investigation of the Nonlinear Behavior of Real Exchange Rate in Iran

N. Afkhami Rad <sup>1</sup>, T. Ebrahimi Salari<sup>2</sup>, M. Behnameh<sup>3\*</sup>, M. J. Gorjipour<sup>4</sup>

1- Master in Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2- Associate Professor, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4- Ph. D Student in Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(\*- Corresponding Author Email: [m.behname@um.ac.ir](mailto:m.behname@um.ac.ir))

<https://orcid.org/0000-0002-3672-4129>

<https://doi.org/10.22067/mfe.2023.16488.0>

Received: 2020/10/24	<b>How to cite this article:</b> Afkhami Rad, N.; Ebrahimi Salari, T.; Behnameh, M., & Gorjipour, M. J. (2023). Investigation of the Nonlinear Behavior of Real Exchange Rate in Iran. <i>Quarterly Monetary &amp; Financial Economics Journal</i> , 30(1): 135-163. (in Persian with English abstract). <a href="https://doi.org/10.22067/mfe.2023.16488.0">https://doi.org/10.22067/mfe.2023.16488.0</a>
Revised: 2023/04/11	
Accepted: 2023/07/17	
Available Online: 2023/07/17	

### 1- INTRODUCTION

The enabling factor for entering the process of globalization is the creation of a competitive environment. The goal is to achieve competitive power through growth, development, and improvement in the quality of life. Competitiveness is the foundation for the economic growth of countries worldwide, and the real exchange rate is a good indicator for examination of a country's competitiveness in global markets. It is a variable through which we can assess the relative price



©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

of traded and non-traded goods. If there are no changes in the relative prices of other countries in the world and the real exchange rate decreases, it indicates a weakening of the international competitiveness of domestically produced goods. High fluctuations and lack of stability in real exchange rates can create an unstable environment for international trade and, as a result, reduce trade. Given the significance of the real exchange rate in influencing other macroeconomic variables and creating an uncertain environment, having knowledge of the future changes in the real exchange rate can play a crucial role in assisting monetary authorities to increase employment levels and stabilize prices.

Since many microeconomic and macroeconomic variables are influenced by the exchange rate, a proper understanding of the linear or nonlinear behavior of the exchange rate can help policymakers, firms, and traders make accurate decisions in order to effectuate desired changes.

## **2- THEORETICAL FRAMEWORK**

The relationship between the national currency and the value of the national currency against foreign currencies is called the exchange rate. In international banking, the term "currency" refers to foreign money, sometimes including the adjective "foreign" to distinguish it from the domestic or local currency of a country. Currency is not limited to banknotes issued by central banks. It includes documents such as checks, drafts, and promissory notes that are used for international payments.

Due to resource allocation based on relative prices in the free market, efficient resource allocation occurs when relative prices are properly adjusted and serve as an indicator of the real value of resources. The exchange rate is one of the most important prices, and deviations from equilibrium can disrupt the prices of other goods and services. Generally, exchange rates are divided into several categories: 1) Nominal exchange rate, 2) Real exchange rate, 3) Effective nominal exchange rate. The nominal exchange rate is the price of one unit of a currency in terms of another currency on a specific day and at a specific time. The mention of a specific time is necessary because the exchange rate may change during different hours of the day. It is common to express the price of one unit of

foreign currency in terms of domestic currency in exchange rate calculations.

Changes in the real exchange rate have a significant impact on the balance of payments and the international competitiveness of a country. Economists agree that an inappropriate level of stability for the real exchange rate leads to a decrease in national welfare. Thus, the instability of the real exchange rate from its equilibrium level leads to severe imbalances in the economy.

### **3- METHODOLOGY**

To investigate the nonlinear behavior of the real exchange rate in Iran and in order to examine the nonlinear behavior of the real exchange rate in Iranian economy during the years 2004:04- 2018:02 two models have been applied: Self-Exciting Threshold Autoregressive (SETAR) model and Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR) model.

### **4- RESULTS & DISCUSSION**

The possibility of threshold behavior in the real exchange rate has been confirmed by Broock, Dechert, and Scheinkman (1987) and Hansen (1999) test. Subsequently, the threshold values for the growth of the real exchange rate were calculated to be 3.84% in the first model (SETAR) and 5% in the second model (LSTAR).

In the first model, when the growth rate of the real exchange rate is below 3.84%, the growth rate of real exchange rate is minimal and classified as a regime with low growth. If the growth rate of the real exchange rate exceeds the threshold value (3.84%), its stability increases. In other words, when the growth rate of the real exchange rate is severe in Iran's economy, it is expected to be stable.

In the second model, values less than 5% are classified as a regime with low growth, while values greater than 5% are classified as a regime with high growth. The estimated coefficients for different orders in the two regimes indicate that if the growth rate of the real exchange rate is greater than 5%, this variable will exhibit stable behavior. However, at values

below the threshold, due to the insignificance of the coefficients, this property will not be applicable.

### **5- CONCLUSIONS & SUGGESTIONS**

The results demonstrated the possibility of nonlinear behavior in the growth rate of the real exchange rate. After calculating the optimal order for AR and considering other econometric requirements (Hansen test), two models, namely SETAR and LSTAR, were estimated. The threshold value was calculated to be 3.84% for the first model and 5% for the second model. In both models, it was observed that as long as the growth rate of the real exchange rate remains in a severe regime, it exhibits significant stability and is positively influenced by its past values.

**Keywords:** Real Exchange Rate, Threshold Autoregressive Model, Smooth Transition Autoregressive Model.

## بررسی رفتار غیر خطی نرخ ارز حقیقی در ایران

نیلوفر افخمی راد

کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تقی ابراهیمی سالاری

دانشیار اقتصاد، بخش اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

مهدی بهنام \*

دانشیار اقتصاد، بخش اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

محمدجواد گرچی پور

دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

<https://doi.org/10.22067/mfe.2023.16488.0>

### چکیده

پس از خاتمه یافتن نظام برتون وودز در سال ۱۹۷۱، بررسی رفتار و مدل سازی نرخ ارز به مسئله ای مناقشه آمیز برای اقتصاددانان و سیاست گذاران مبدل شده است. یکی از مسائل مهمی که در ارتباط با نرخ ارز وجود دارد، ماندگاری نرخ ارز حقیقی است. در این راستا، پژوهش حاضر از دو الگوی خودبازگشت آستانه ای خودمحرک و رگرسیون انتقال ملایم لجستیک استفاده کرده است تا رفتار غیر خطی نرخ ارز حقیقی در اقتصاد ایران را طی سال های ۱۳۹۶:۱۲ - ۱۳۸۳:۰۲ بررسی کند. ابتدا، امکان وجود رفتار آستانه ای در نرخ ارز حقیقی آزمون های براك، دیچرت و شینکمن (۱۹۸۷) و هانسن (۱۹۹۹) تأیید شد. سپس، مقدار آستانه برای رشد نرخ ارز حقیقی در الگوی اول ۳/۸۴٪ و در الگوی دوم ۵٪ محاسبه شد. هر دو الگو نشان می دهد مادامی که رشد نرخ ارز حقیقی در رژیم شدید قرار گیرد، پایداری قابل توجهی خواهد داشت و از مقادیر گذشته خود به طور مثبت تحت تأثیر قرار می گیرد.

**کلیدواژه ها:** نرخ ارز حقیقی، الگوی خودبازگشت آستانه ای، الگوی خودبازگشت انتقال ملایم.

طبقه بندی JEL: F31, C80, C89

\* نویسنده مسئول: [m.behname@um.ac.ir](mailto:m.behname@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۶

صفحات: ۱۶۳-۱۳۵

## ۱. مقدمه

زمینه‌ساز ورود به فرآیند جهانی‌شدن ایجاد فضای رقابتی است. هدف از رشد و توسعه و بهبود کیفیت زندگی رسیدن به قدرت رقابتی است. رقابت‌پذیری زمینه‌ساز رشد اقتصادی کشورهای دنیا به حساب می‌آید و برای بررسی قدرت رقابتی یک کشور در بازارهای جهانی نرخ ارز حقیقی معیار خوبی است و متغیری است که به وسیله آن می‌توان قیمت نسبی کالاهای تجاری و غیرتجاری را بررسی کرد. اگر تغییری در قیمت‌های نسبی دیگر کشورهای جهان به وجود نیاید و نرخ ارز حقیقی کاهش یابد، نشان دهنده این است که توان رقابت بین‌المللی کالاهای ساخت کشور تضعیف یافته است. نوسانات زیاد و نبود ثبات در نرخ‌های حقیقی ارز می‌تواند باعث یک شرایط عدم ثبات در زمینه سود مبادله‌های بین‌المللی شود و در نتیجه کاهش تجارت گردد. با توجه به اهمیت نرخ ارز حقیقی در تحت تأثیر قرار دادن سایر متغیرهای کلان اقتصادی و ایجاد فضای نا اطمینان و آگاهی داشتن از تغییراتی که نرخ ارز حقیقی در آینده دارد می‌تواند نقش به‌سزایی در کمک به مقامات پولی به منظور افزایش سطح اشتغال و تثبیت قیمت‌ها داشته باشد. (Amini & Zare, 2002)

از آنجایی که بسیاری از متغیرهای خرد و کلان اقتصادی تحت تأثیر متغیر نرخ ارز می‌باشند در نتیجه شناخت صحیح از رفتار خطی یا غیرخطی بودن نرخ ارز به سیاست‌گذاران، شرکت‌ها و معامله‌گران در جهت گرفتن تغییر درست کمک می‌کند. همچنین در اکثر تحقیقات (محمود و الخطایب ۲۰۱۸)؛ هنزایی و فراهانی (۲۰۱۹))، نرخ ارز را به صورت یک چارچوب مدل‌سازی خطی در نظر گرفتند که این امر می‌تواند موجب تورش تصریح شود و سیاست‌گذاران را به اشتباه بیندازد؛ در صورتی که محققان به‌عنوان نمونه تراسویرتا و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده‌اند که این متغیر در کشورهای مختلف غیرخطی است. به طوری که شیب آن در یک آستانه تغییر می‌کند و در آستانه پایین پایدارتر از آستانه بالا است.

با توجه به اهمیت نرخ ارز و وجود شرایط نا اطمینان در صورت نوسانات نرخ ارز و غیرخطی بودن نرخ ارز حقیقی سؤالی که برای ما مطرح می‌شود این است که آیا نرخ ارز در بالاتر از آستانه ماندگاری بیش‌تری دارد یا در مقادیر پایین‌تر؟ به عبارتی آیا شوک‌ها به سرعت به صفر همگرا می‌شوند؟ که اگر این اتفاق افتاد پایدار است. برای بررسی این موضوع ابتدا غیرخطی بودن را بررسی می‌نماییم و سپس با استفاده از مدل‌های غیرخطی  $TAR^1$  و  $STAR^1$  پایداری نرخ ارز حقیقی را به دست می‌آوریم. برای این کار ما

<sup>1</sup>. Threshold Autoregressive (TAR)

فرضیات زیر را در نظر می‌گیریم: ۱- رشد نرخ ارز حقیقی در ایران رفتار غیرخطی دارد. ۲- پایداری رشد نرخ ارز حقیقی ایران در مقادیر کمتر از آستانه (رژیم پایین: زمانی که نرخ ارز حقیقی در حال کاهش است) نسبت به مقادیر بیشتر از آستانه (رژیم بالا: زمانی که نرخ ارز حقیقی در حال افزایش است) بیشتر است.

مقاله حاضر در پنج بخش تنظیم شده است. بعد از مقدمه، ادبیات تحقیق و مروری بر مطالعات تجربی، سپس بخش سوم روش پژوهش ارائه شده است که در آن به برآورد الگوی خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک (SETAR) و الگوی رگرسیون انتقال ملایم لجستیک (LSTAR) پرداخته شده است. بخش چهارم به نتایج پژوهش و آزمون فرضیه‌ها و در نهایت بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی اختصاص یافته است.

## ۲. ادبیات تحقیق

رابطهٔ برابری پول ملی و یا ارزش پول ملی در مقابل پول‌های بیگانه (اسعار) را نرخ ارز می‌گویند. واژه ارز در بانکداری بین‌المللی به معنای پول خارجی است که گاهی صفت خارجی را هم به آن می‌افزایند و به صورت ارز خارجی به کار می‌برند تا وجه تمایز آن را با پول ملی یا پول رایج در داخل یک کشور معلوم کنند. ارز تنها منحصر به اسکناس منتشر شده به وسیله بانک‌های مرکزی کشورها نیست، بلکه این اصطلاح اسنادی از قبیل چک، سفته و برات را هم که برای پرداخت‌های بین‌المللی به کار می‌روند، شامل می‌شود. (Hasani & Ajam, 1988)

به علت تخصیص منابع بر اساس قیمت‌های نسبی در بازار آزاد، اگر قیمت‌های نسبی در سطحی مناسب تنظیم شود و نشانگر ارزش واقعی بین منابع باشد، تخصیص منابع بهینه است. نرخ ارز یکی از مهم‌ترین قیمت‌هایی است که انحراف آن از وضعیت تعادل موجب ایجاد اختلال در قیمت سایر کالاها و خدمات می‌شود. به طور کلی نرخ ارز به چند دسته تقسیم می‌شود: ۱- نرخ ارز اسمی، ۲- نرخ ارز حقیقی، ۳- نرخ ارز مؤثر اسمی. نرخ ارز اسمی عبارت است از قیمت یک واحد از یک پول به ازای پول دیگر در روز معین و در ساعت معین. ذکر ساعت معین به این دلیل است که امکان دارد نرخ ارز در ساعات مختلف

<sup>1</sup>. Smooth Transition Autoregressive (STAR)

روز تغییر کند. معمول این است که در محاسبه نرخ ارز قیمت یک واحد از پول خارجی به ازای پول داخلی بیان شود. (Farzinvas, 2014)

نرخ ارز حقیقی عبارت است از نسبت قیمت‌های داخلی به قیمت‌های خارجی برحسب یک پول:

$$R = \frac{eP}{P^f} \quad (1)$$

که در آن  $P$  و  $P^f$  به ترتیب سطح عمومی قیمت‌ها در داخل و خارج است و  $e$  همان نرخ ارز اسمی و ارزش ریالی پول خارجی است. اگر نرخ مذکور از یک بزرگ‌تر (کوچک‌تر) باشد به معنی این است که کالاهای خارجی گران‌تر (ارزان‌تر) است و شهروندان داخلی و خارجی‌ها بیش‌تر کالاهای داخلی را تقاضا (عرضه) می‌کنند و اگر مقدار نرخ ارز حقیقی برابر با یک باشد به معنی این است که کشورها از برابری قدرت خرید برخوردارند.

به دلیل رابطه متعدد تجاری یک کشور با کشورهای دیگر، برای با ارزش شدن یا کم ارزش شدن پول آن کشور جهت ارائه یک شاخص کلی، باید رابطه مبادله آن کشور را با کشورهای طرف تجاری آن موردسنجش قرار داد. برای این کار، از نرخ ارز مؤثر استفاده می‌شود.

باید توجه داشت که یک دولت با یک بانک مرکزی می‌تواند ارزش پول خود را در کوتاه‌مدت تثبیت کند اما در بلندمدت نرخ ارز میان دو کشور (در صورت نبود موانع ساختاری برای تجارت و فعال بودن نیروهای بازار) توسط قدرت خرید نسبی پول هر کشور تعیین می‌شود. (Shakeri, 2008)

تغییرات نرخ ارز حقیقی به‌طور گسترده بر وضعیت تراز پرداخت‌ها و قدرت رقابت بین‌المللی یک کشور اثرگذار است. اقتصاددان‌ها بر این موضوع توافق نظر دارند که تثبیت نرخ ارز حقیقی در سطحی نامناسب سبب کاهش رفاه ملی می‌گردد؛ بنابراین ناپایداری نرخ ارز حقیقی از سطح تعادلی، سبب به وجود آمدن عدم تعادل‌های شدید در اقتصاد می‌شود. (Sallenave, 2010)

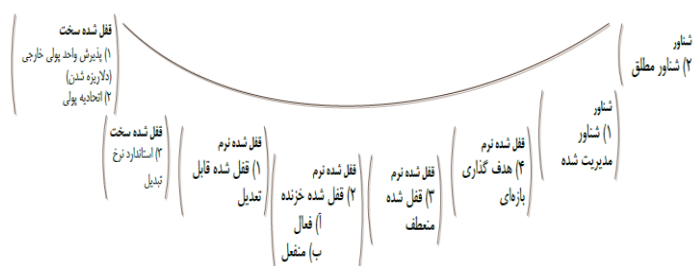
نظام‌های ارزی بین دو قطب شناور مطلق و ثابت مطلق قرار دارند و علی‌رغم ویژگی‌های مشترک زیاد با یکدیگر، اثرات متفاوتی بر انعطاف سیاست‌گذاری اقتصادی، هزینه تغییر سیاست دارند. در ادامه، این نظام‌ها به‌صورت سه گروه اصلی قفل شده سخت (ثابت)<sup>۱</sup>، قفل شده ملایم و انواع شناور<sup>۲</sup> معرفی می‌گردند (Bahador, 2015). نظام‌های ارزی قفل شده سخت، نظام‌هایی هستند که عمدتاً چارچوب بسیار محدود

<sup>۱</sup>. Hard Pegs

<sup>۲</sup>. Float



کننده‌ای برای سیاست‌گذار پولی به وجود می‌آورند. تغییر دادن آن‌ها هزینه بالایی اعم از فرایند تغییر قانون و تغییر ساختار اقتصادی برای سیاست‌گذار به همراه دارد. این دسته از نظام‌های ارزی شامل سه نظام، تشکیل اتحادیه پولی، پذیرش واحد پول خارجی و کمیته ارزی است. نظام‌های ارزی قفل شده ملایم، نظام‌هایی هستند که اتخاذ تصمیم برای مداخله در بازار ارز برای دنبال کردن هدف ارزی بر اساس یک دستورالعمل اتخاذ می‌شود. هدف از این مداخله ایجاد ثبات در بازار ارز است. ویژگی مشترک این نظام‌ها در این است که تغییر هدف ارزی در آن‌ها کم‌هزینه‌تر از نظام‌های ارزی میخکوب سخت است. در نظام ارزی شناور نرخ ارز آزادانه توسط بازار تعیین می‌شود و دخالت در بازار پول و ارز صورت نمی‌پذیرد. نظام‌های ارزی شناور به دو دسته تقسیم می‌شود: شناور مدیریت شده و شناور مطلق. در نظام شناور مدیریت شده نرخ ارز بر اساس عرضه و تقاضا تعیین می‌شود و درعین حال برای تأثیرگذاری بر بازار ارز تلاش می‌شود. این دخالت می‌تواند شامل تغییر نرخ بهره یا دخالت مستقیم ارزی باشد. در نظام شناور مطلق هیچ‌گونه دخالتی برای اثرگذاری بر بازار ارز انجام نمی‌شود. نرخ ارز در این حالت از سایر ابزارهای سیاستی از جمله نرخ بهره تأثیر می‌پذیرد اما این ابزارها برای رسیدن به هدف دیگری، به غیر از تأثیر گذاری بر بازار ارز تنظیم می‌شوند. شکل (۱) طیف نظام‌های ارزی مطرح شده را نشان می‌دهد. (Broock et al., 1996)



شکل (۱): انواع نظام‌های ارزی

منبع: بهادر (۱۳۹۴)

با توجه به مطالب و توضیحات فوق به مطالعات خارجی پیشین انجام شده در زمینه نرخ ارز پرداخته و سپس پژوهش‌های داخلی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

لین و همکاران (۲۰۱۱)، با مطالعه رفتار انحرافی نرخ ارز بر اساس نظریه برابری نرخ ارز<sup>۱</sup> در کشورهای ژاپن، کره جنوبی، تایوان سنگاپور با استفاده از مدل‌های STAR و برای دوره زمانی ۲۰۰۷-۱۹۷۸، نشان دادند که رفتار نرخ ارز در هر چهار کشور فوق غیرخطی بوده و مدل خودبازگشت انتقال ملایم عملکرد بهتری در پیش‌بینی خارج از نمونه نسبت به مدل خطی دارا است. جاینلیس و کوکورتاکیس (۲۰۱۳)، به بررسی روابط متقابل انحرافات نرخ ارز از مقدار تعادلی آن و ماندگاری تورم برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ در چهار کشور آمریکای لاتین (برزیل، مکزیک، اروگوئه و ونزوئلا) که نرخ تورم بالایی دارند، پرداختند. رفتار تورم در هر یک از این کشورها، شامل خطی یا غیرخطی بودن و پایدار یا موقتی بودن، توسط آزمون‌های خودبازگشت آستانه‌ای، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج به دست آمده، تأثیر نامتقارن تغییرات نرخ ارز بر رفتار تورم تبیین شده است؛ به طوری که افزایش ناگهانی نرخ ارز تعادلی موجب بروز تورم ماندگاری شده درحالی که افزایش کم (تدریجی) نرخ ارز تعادلی یا شرایط ثبات نسبی، باعث موقتی بودن تورم می‌گردد. هابر (۲۰۱۶)، نرخ برابری یورو در برابر دلار آمریکا را پیش‌بینی کرده است. محقق قدرت الگوهای مختلف چند متغیره آستانه‌ای را در برابر الگوهای خطی طی دوره ۲۰۱۲:۰۷ - ۱۹۸۵:۰۷ آزمون کرده است. نتایج نشان داده است که نرخ ارز رفتار غیرخطی دارد و به کارگیری الگوهای آستانه‌ای با خطای کم‌تری در پیش‌بینی همراه هستند. با این توضیح که پیش‌بینی در بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت سازگاری بیش‌تری با واقعیت داشته است. هازنبرگ و هابر (۲۰۱۸)، برای پیش‌بینی در بی‌ثباتی برابری نرخ‌های ارز مختلف در برابر دلار آمریکا از الگوهای غیرخطی استفاده کرده‌اند. برای این منظور از الگوهای مختلف غیرخطی مبتنی بر برآورد بیزین<sup>۲</sup> استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داده است به کارگیری الگوهای غیرخطی تبیین بهتری از رفتار نرخ‌های ارز نسبت به الگوهای خطی دارند. هابر و زورنر (۲۰۱۹)، با برآورد بیزین الگوی تصحیح خطای برداری آستانه‌ای<sup>۳</sup> نرخ برابری ارزهای بین‌المللی را در کشورهای مختلفی پیش‌بینی کرده‌اند. محققان به این نتیجه رسیده‌اند استفاده از الگوهای غیرخطی نسبت به الگوهای خطی برتری دارند. تحلیل غیرخطی رفتار فشار بازار ارز در اقتصاد ایران: رویکرد خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک موضوع مطالعه امرالهی بیوکی و همکاران (۲۰۱۸) بوده است. در این مقاله رفتار شاخص فشار بازار ارز (EMP) در اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۶:۴-

<sup>۱</sup>. Exchange Rate Parity (ERP)

<sup>۲</sup>. Bayesian

<sup>۳</sup>. Threshold Vector Error Correction Model (TVECM)

۱۳۶۹:۲، با به کارگیری الگوی خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک (SETAR) سه رژیم مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعه با توجه به ماهیت غیرخطی رفتار این شاخص نشان می‌دهد که رژیم پایین فشار بازار ارز درصد کمتری از مشاهدات دوره موردنظر را نسبت به رژیم بالا در بر گرفته است؛ بنابراین، فشار بازار ارز در ایران دارای رفتاری نامتقارن است. انصاری‌نصب و محمدی (۲۰۱۹)، به بررسی بررسی رفتار غیرخطی نرخ ارز در ایران با استفاده از الگوی مارکوف سوئیچینگ پرداختند، به‌طور کلی نتایج مدل مارکوف-سوئیچینگ نشان داد که نرخ ارز رفتاری غیرخطی و نامتقارنی در ایران دارد و نرخ ارز در سه رژیم مختلف، رفتار متفاوتی برجای می‌گذارد و رفتار نرخ ارز در سه رژیم مورد نظر وابسته به دوره قرارگیری در آن بوده و این برای سیاست‌گذاری اقتصاد در حوزه نرخ ارز می‌تواند حائز اهمیت باشد.

با توجه به اینکه مطالعات داخلی به بررسی رفتار غیرخطی نرخ ارز اسمی پرداختند در این پژوهش به بررسی رفتار نرخ ارز حقیقی در ایران می‌پردازیم که این پژوهش هم در عنوان هم در متغیر دارای نوآوری است. از همین رو در ادامه به بررسی روش پژوهش می‌پردازیم.

### ۳. روش پژوهش

در این پژوهش از داده‌های ماهانه نرخ ارز حقیقی برای سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۸۳ به کار برده شده است. با توجه به اینکه آهنگ نزولی بودن متغیرهای کلیدی کلان اقتصادی در دوره‌های رکود پر شتاب‌تر از آهنگ افزایش آن‌ها در دوره‌های رونق است و به دلیل اینکه مدل‌های  $ARMA^1$  مبتنی بر معادلات تفاضلی خطی<sup>۲</sup> هستند، تصریح‌های پویای جدیدی برای مدل‌سازی رفتار غیرخطی متغیرها لازم می‌آید. در ادبیات سری‌های زمانی از برخی آزمون‌ها می‌توان جهت تشخیص خطی و یا غیرخطی بودن یک سری استفاده جست. آزمون‌های مدل‌های غیرخطی شامل: روش حداقل مربعات معمولی<sup>۳</sup>، حداقل مربعات غیرخطی و حداکثر راستنمایی<sup>۴</sup> است. تصمیم‌سازان اقتصادی باید این موضوع را که سرعت افزایش نرخ ارز بیش‌تر از سرعت کاهش آن است یا بالعکس، در نظر بگیرند در غیر این صورت ممکن است مرتکب

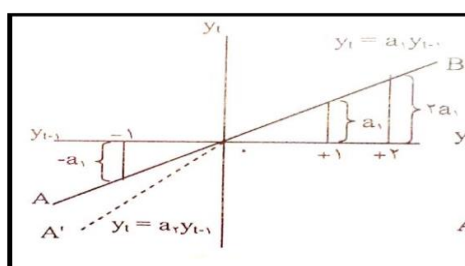
1. Autoregressive Moving Average (ARMA)

2. Linear Differential Equations

3. Ordinary Least Squares

4. Maximum Likelihood

خطاهای قابل ملاحظه‌ای<sup>۱</sup> شوند. مدل‌های غیرخطی که در ادبیات سری‌های زمانی مورد استفاده قرار گرفته است، مدل خودبازگشت آستانه‌ای (TAR) و خودبازگشت انتقال ملایم (STAR) است. در یک مدل تغییر رژیمی رفتار  $y_t$  بستگی به وضعیت سیستم دارد. به‌طور مثال در زمان رکود، نرخ بیکاری در ابتدا به‌شدت افزایش می‌یابد و سپس به آهستگی به مقدار بلندمدت خود متمایل می‌شود؛ اما نرخ بیکاری در دوران رونق اقتصادی هیچ‌گاه به‌سرعت کاهش نمی‌یابد. نمودار زیر نمایانگر یک فرآیند TAR ساده است.



شکل (۲): فرآیند خودبازگشت آستانه

منبع: اندرس (۲۰۰۸)

طبق شکل (۲)، خط ممتد AB دارای شیب  $a_1$  است. لذا به ازای هر مقدار  $y_{t-1}$  اگر یک خط عمود بر AB رسم کنیم، مقدار متناظر  $y_t$  به دست خواهد آمد. از آنجا که شیب AB ثابت است حاصل ضرب یک اسکالر در  $y_{t-1}$  افزایش متناسب در  $y_t$  ایجاد خواهد کرد. حال فرض می‌کنیم نمودار مرحله‌ای به گونه‌ای است که فرآیند تعدیل بر اساس خط منفصل  $A'O'B$  است. در این حالت اگر  $y_{t-1} > 0$  باشد،  $y_t = a_1 y_{t-1}$  خواهد بود و چنانچه  $y_{t-1} \leq 0$  باشد،  $y_t = a_2 y_{t-1}$  خواهد بود. برای مثال اگر  $y_{t-1} = 1$  باشد، مقدار  $y_t$  برابر با  $a_1$  خواهد بود اما اگر  $y_{t-1} = -1$  باشد،  $y_t$  برابر با  $-a_2$  خواهد شد. از آنجا که  $a_2 > a_1$  است، می‌توان نتیجه گرفت اگر مقدار اولیه  $y_{t-1}$  منفی باشد این دنباله نسبت به حالتی که مقدار اولیه مثبت است دیرتر به صفر میل می‌کند؛ بنابراین چون حاصل ضرب  $\lambda$  در  $y_{t-1}$

<sup>۱</sup> مانند خطا در پیش‌بینی تورم و تأخیر در بکارگیری از ابزارهای پولی، برآورد نادرست از قدرت رقابت‌پذیری کالاهای تولید داخل و ...

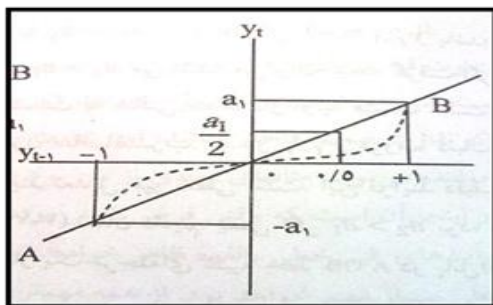
لزوماً دنباله  $\{ * \lambda y_{t-1} \}$  را به دنبال نخواهد داشت، فرآیند تعدیل غیرخطی است. رفتار دنباله  $y_t$  در مدل خودبازگشت آستانه به صورت زیر مدل سازی می شود:

$$1. \quad y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad \text{اگر } y_{t-1} > 0 \quad (2)$$

$$2. \quad y_t = a_2 y_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad \text{اگر } y_{t-1} \leq 0 \quad (3)$$

با توجه به معادلات بالا با فرض اینکه مقدار  $y_{t-1} = 0$  را یک آستانه در نظر بگیریم، زمانی که  $y_{t-1} > 0$  (رژیم مثبت) باشد، رفتار  $y_t$  منطبق با الگوی شماره (۲) و درجه ماندگاری خودبازگشت برابر با  $a_1$  و زمانی که  $y_{t-1} \leq 0$  (رژیم منفی) باشد، رفتار  $y_t$  منطبق با الگوی شماره (۳) و درجه ماندگاری برابر با  $a_2$  است.

در مورد برخی مدل ها ممکن است تغییرات شدید حول نقطه آستانه نباشد اما سرعت تعدیل دارای یک الگوی غیرخطی مطابق شکل (۳) باشد.



شکل (۳): فرآیند خودبازگشت انتقال ملایم

منبع: اندرس (۲۰۰۸)

همان طور که در شکل (۲) ملاحظه می شود، اگر  $y_{t-1} = 1$  باشد مقدار  $y_t$  برابر با  $a_1$  خواهد بود و اگر  $y_{t-1}$  برابر با  $0/5$  باشد مقدار  $y_t$  کمتر از  $\frac{a_1}{2}$  خواهد بود. لذا از آنجایی که حاصل ضرب  $\lambda y_{t-1}$  موجب ایجاد دنباله ای همچون  $\{ * \lambda y_{t-1} \}$  نمی شود، فرآیند تعدیل، غیرخطی است. این در حالی است که خط مستقیم  $y_t = a_1 y_{t-1}$  که از نقاط AOB می گذرد نمی تواند این ویژگی تعدیل را نمایان سازد. در مدل های خودبازگشت انتقال ملایم پارامترهای خودبازگشت به آرامی تغییر می کنند.

حالت خاصی از مدل NLAR را به نحو ذیل در نظر می گیریم:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} f(y_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (۴)$$

اگر  $f(y_{t-1})$  یک تابع انتقال ملایم باشد ضریب خودبازگشت  $(\alpha_1 + \beta_1)$  نسبت به مقدار  $y_{t-1}$  به آرامی تغییر خواهد کرد (اندرس، ۲۰۰۴).

تشخیص و تبیین رفتار متغیرهای سری زمانی توسط الگوهای خطی می‌تواند به لحاظ تحلیلی محدود کننده باشد. الگوهای آستانه‌ای این ویژگی را دارند که پویایی‌های غیرخطی متغیرهای مالی در وضعیت‌های مختلف را مورد بررسی قرار دهند. برای تشریح الگوی خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک ابتدا مدل خودبازگشت آستانه‌ای با وجود دو رژیم به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$p_t = (\alpha_0 + \alpha_1 p_{t-1} + \dots + \alpha_p p_{t-p}) I_0(p_{t-d} \leq \tau) + (\phi_0 + \phi_1 p_{t-1} + \dots + \phi_p p_{t-p}) I_0(p_{t-d} > \tau) + \varepsilon_t \quad (۵)$$

که در آن  $p_t$  سری زمانی مشاهده شده،  $I_0$  تابع شاخص و  $\tau$  پارامتر آستانه نامشخص است که باید برآورد شود با تعریف روابط زیر:

$$x_t = (1; y_{t-1}, \dots, y_{t-p}); \quad (۶)$$

$$x_t(\tau) = (x_t I_0(y_{t-d} \leq \tau); x_t I_0(y_{t-d} > \tau)); \quad (۷)$$

$$\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p); \phi = (\phi_0, \phi_1, \dots, \phi_p); \quad (۸)$$

$$\psi = (\alpha, \phi) \quad (۹)$$

می‌توانیم مدل TAR را به صورت شکل ماتریسی زیر بازنویسی کنیم:

$$y_t = x_t(\tau) + \varepsilon_t \quad (۱۰)$$

در اینجا با برآورد پارامتر آستانه  $\alpha$  رابطه (۳) برحسب  $\psi$  خطی است و برآورد کننده حداقل مربعات روش مناسبی است و به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\psi(\tau) = \left( \sum_{t=1}^n x_t(\tau) x_t(\tau) \right)^{-1} \left( \sum_{t=1}^n x_t(\tau) y_t \right) \quad (۱۱)$$

برای ارائه یک برآوردکننده سازگار از بردار  $\psi$  لازم است آن مقداری از  $\alpha$  که مجموع مجذور پسماندهای مدل را حداقل می‌کند شناسایی شود و دوباره مقادیر  $\hat{\psi}$  و  $\hat{\tau}$  برآورد شود؛ بنابراین، برآورد سازگار از مقدار آستانه واقعی  $\hat{\tau}$  به وسیله حل مسئله زیر به دست می‌آید. (Enders, 2008)

$$\hat{\tau} = \arg \min_{\tau \in \psi} Q_T(\tau) \quad (12)$$

#### ۴. نتایج پژوهش

##### ۴-۱. معرفی متغیرها

برای محاسبه نرخ ارز حقیقی رابطه (۱) به کار گرفته شده است.

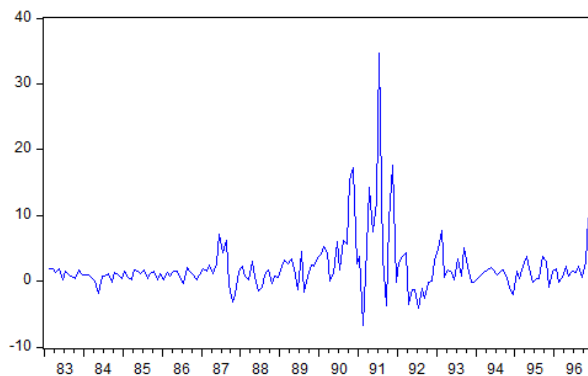
$$REX_t = EX_t \times \frac{IRCPI_t}{USCPI_t} \quad (13)$$

در رابطه فوق:

$REX$ : نرخ ارز حقیقی،  $EX$ : نرخ ارز اسمی (برابری دلار به ریال در بازار آزاد)،  $IRCPI$  (شاخص قیمت مصرف کننده در ایران) و  $USCPI$  شاخص قیمت مصرف کننده در ایالات متحده آمریکا هستند. اطلاعات مربوط به نرخ ارز بازار آزاد و شاخص قیمت مصرف کننده اقتصاد ایران از بانک داده‌های سری زمانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران اخذ شده است. منبع شاخص قیمت مصرف کننده ایالات متحده آمریکا بانک مرکزی آن کشور است. پس از محاسبه نرخ ارز حقیقی، نرخ رشد آن به صورت زیر محاسبه شده است:

$$GREX_t = \frac{REX_t - REX_{t-1}}{REX_{t-1}} \times 100 \quad (14)$$

شکل (۴) سری زمانی رشد نرخ ارز حقیقی را به تصویر کشیده است.



شکل (۴): رشد نرخ ارز حقیقی

منبع: داده‌های بانک مرکزی و محاسبات تحقیق

با توجه به نمودار فوق، طی سال‌های ۱۳۹۶:۱۲ - ۱۳۸۳:۰۲ در دو مقطع رشد نرخ ارز حقیقی نوسان قابل توجهی داشته است. به دنبال افزایش قیمت نفت و افزایش درآمدهای نفتی، نقدینگی افزایش یافت که این مهم منجر به نوسان سری زمانی طی سال‌های ۱۳۸۹ - ۱۳۸۷ شده است. پس از اعمال تحریم‌های بین-المللی و کاهش عرضه ارز در اقتصاد و هم‌چنین ناطمینانی متعاقب آن، طی سال‌های ۱۳۹۲ - ۱۳۸۹ رشد نرخ ارز فراز و نشیب‌های متعددی داشته است.

#### ۴-۲. آمار توصیفی

این بخش به ارائه آمار توصیفی رشد نرخ ارز حقیقی اختصاص دارد. جدول (۱) به این مهم اختصاص پیدا کرده است.

جدول (۱): آمار توصیفی رشد نرخ ارز حقیقی

آماره جارک - برآ <sup>۱</sup>	کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانه	میانگین
۴۴۵۳/۲۸۹ (۰/۰۰)	۲۷/۰۶	۳/۹۱	۴/۱۵	-۶/۶۸	۳۴/۶۵	۱/۴	۲/۰۷

منبع: یافته‌های تحقیق

<sup>۱</sup>. Jarque-Bera



آماره جارک - برآ نشان می دهد رشد نرخ ارز حقیقی از توزیع نرمال برخوردار نیست. با توجه به نمودار (۱) می توان حداکثر و حداقل نرخ ارز حقیقی را تشخیص داد.

۳-۴. بررسی ریشه واحد فصلی

همان طور که ذکر شد، متغیر به کار گرفته شده در تحقیق نرخ رشد نرخ ارز حقیقی است. برای ساخت متغیر مذکور، از شاخص قیمت مصرف کننده ایران، ایالات متحده آمریکا و نرخ ارز اسمی (نرخ برابری دلار با ریال) در بازار آزاد استفاده شده است. آمار مربوط به شاخص قیمت مصرف کننده در ایالات متحده آمریکا به صورت فصلی زدایی شده در دسترس است. برای دو متغیر دیگر، ضروری است این مهم انجام شود. قبل از تعدیل فصلی شاخص قیمت مصرف کننده و نرخ ارز، وجود ریشه واحد فصلی در این دو متغیر به کمک آزمون هجی ( $HEGY^1$ ) بررسی می شود. اطلاعات مربوط به این آزمون در جدول (۲) ذکر شده است.

جدول (۲): بررسی ریشه واحد فصلی

نتیجه	سطح معنی داری	آماره	فرضیه $H_0$	متغیر
رد $H_0$	۰/۰۰	-۳/۹۸	وجود ریشه واحد فصلی (۲) ماهه	<i>EX</i>
پذیرش $H_0$	۰/۱۷	۴/۱۷	وجود ریشه واحد فصلی (۴) ماهه	
رد $H_0$	۰/۰۰	۲۲/۴۷	وجود ریشه واحد فصلی (۲/۴) ماهه	
رد $H_0$	۰/۰۰	۹/۹۲	وجود ریشه واحد فصلی (۱۲) ماهه	
رد $H_0$	۰/۰۰	۱۵/۵۴	وجود ریشه واحد فصلی (۳) ماهه	
رد $H_0$	۰/۰۰	۸/۷۴	وجود ریشه واحد فصلی (۶) ماهه	

<sup>1</sup>. Hegy Seasonal Unit Root Test (Hylleberg, Engle, Granger & Yoo (1990))

			(ماهه)	
پذیرش $H_0$	۰/۱	-۴/۵	وجود ریشه واحد فصلی (۲) (ماهه)	<b>IRCP I</b>
رد $H_0$	۰/۰۰	۸/۶۸	وجود ریشه واحد فصلی (۴) (ماهه)	
رد $H_0$	۰/۰۰	۲۴/۱۳	وجود ریشه واحد فصلی (۲/۴) (ماهه)	
رد $H_0$	۰/۰۰	۱۱/۶	وجود ریشه واحد فصلی (۱۲) (ماهه)	
رد $H_0$	۰/۰۰	۶/۶۳	وجود ریشه واحد فصلی (۳) (ماهه)	
رد $H_0$	۰/۰۰	۱۱/۹۴	وجود ریشه واحد فصلی (۶) (ماهه)	

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج آزمون، نرخ ارز بازار آزاد و شاخص قیمت مصرف کننده در ایران دارای ریشه واحد با تناوب‌های ۴ ماهه و ۲ ماهه هستند. برای این منظور، از روش X-13<sup>۱</sup> برای دو متغیر مذکور فصلی زدایی استفاده شد.

#### ۴-۴. بررسی پایایی

با توجه به اهمیت پایا بودن متغیرها در مطالعات سری زمانی، در بخش حاضر این ویژگی برای رشد نرخ ارز حقیقی بررسی می‌شود. جدول (۳)، خلاصه آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته را برای متغیر مذکور ارائه کرده است.

جدول (۳): آزمون پایایی برای رشد نرخ ارز حقیقی

نتیجه	سطح معنی‌داری	آماره	فرضیه $H_0$	نحوه تصریح رگرسیون
رد $H_0$	۰/۰۰	-۳/۸۳	سری زمانی ناپایا است.	بدون عرض از مبدأ
رد $H_0$	۰/۰۰	-۴/۸۲	سری زمانی ناپایا است.	با عرض مبدأ و بدون روند

<sup>۱</sup> ARIMA Census Bureau.s X-13

رد $H_0$	۰/۰۰	-۴/۸۷	سری زمانی ناپایا است.	با عرض از مبدأ و مشتعل بر روند
----------	------	-------	-----------------------	-----------------------------------

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج آزمون، رشد نرخ ارز حقیقی در تمامی حالات پایا است؛ بنابراین، بدون نگرانی از رگرسیون ساختگی می‌توان از این متغیر برای برآورد الگوها استفاده کرد.

#### ۴-۵. آزمون هانسن<sup>۱</sup> (۱۹۹۹)

در مرحله نخست این آزمون، ابتدا فرضیه ساختار خطی (یک رژیم) در برابر ساختار غیرخطی با یک آستانه (دو رژیم) متغیر بررسی می‌شود. در صورت، رد شدن این فرضیه می‌توان گفت سری زمانی تحت بررسی دارای رفتار غیرخطی است (Hansen, 1999). در ادامه، تعداد آستانه برای این ساختار غیرخطی بررسی می‌شود. برای این منظور در مرحله دوم، وجود رفتار خطی (یک رژیم) در برابر وجود رفتار غیرخطی با دو آستانه (سه رژیم) آزمون می‌شود. در صورتی که فرضیه  $H_0$  برای این حالت رد نشود، وجود یک آستانه در برابر دو آستانه آزمون می‌شود. در غیر این صورت، سری زمانی به صورت یک ساختار غیرخطی با یک آستانه و دو رژیم الگوسازی می‌شود. جدول (۴) نتایج آزمون هانسن را نشان می‌دهد.

جدول (۴): نتیجه آزمون هانسن

نتیجه	سطح معنی‌داری	آماره	فرضیه
رد $H_0$	۰/۰۰	۱۴۹/۸۵	$H_0$ : سری زمانی ساختار خطی دارد (یک رژیم) $H_1$ : سری زمانی ساختار غیرخطی با یک آستانه دارد (دو رژیم)
پذیرش $H_0$	۰/۳۵	۵۲/۱۳	$H_0$ : سری زمانی ساختار خطی دارد (یک رژیم) $H_1$ : سری زمانی ساختار غیرخطی با دو آستانه دارد (سه رژیم)

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول فوق، در مرحله اول نتیجه آزمون نشان‌دهنده ساختار غیرخطی با یک آستانه است. در مرحله دوم وجود دو آستانه و سه رژیم به اثبات نرسید. از این رو، نیازی به آزمون یک آستانه (دو رژیم)

<sup>۱</sup> Hansen test

در برابر دو آستانه (سه رژیم) نیست؛ بنابراین، الگوی خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک با در نظر گرفتن یک آستانه (دو رژیم) برای نرخ رشد نرخ ارز حقیقی برآورد خواهد شد.

#### ۴-۶. برآورد الگوی خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک (SETAR)

برای یک الگوی ARMA، مرتبه AR می‌تواند به وسیله حدافل شدن معیارهای اطلاعاتی مانند آکائیک<sup>۱</sup> و شواترز - بیزین<sup>۲</sup> تعیین شود. برای الگوی غیرخطی نیز یک فرآیند برآورد کارا لازم است مرتبه خودرگرسیون را نیز تعیین کند. از این رو، با در نظر داشتن یک آستانه و دو رژیم الگو با مرتبه‌های متفاوت AR برآورد شد. برای هر حالت، معیار اطلاعاتی آکائیک نیز به منظور انتخاب الگوی بهینه محاسبه شد. جدول (۵) به این مهم اختصاص پیدا کرده است.

جدول (۵): انتخاب مرتبه AR برای الگوی SETAR

مرتبه AR	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
معیار AIC	۴۴۵/۱	۴۴۸/۴۵	۴۱۸/۷۲	۴۱۷/۳۵	۴۱۸/۷۳	۴۰۱/۵۳	۳۹۲/۵	۳۵۶/۹۵	۳۵۷/۸۸
معیار BIC	۴۶۰/۶۸	۴۷۰/۲۹	۴۴۶/۸۳	۴۵۱/۶۵	۴۵۹/۲۷	۴۴۸/۳	۴۴۵/۵۱	۴۱۶/۱۹	۴۲۳/۳۶
جزء اخلاص	غیرمستقل	-	غیرمستقل	غیرمستقل	-	-	-	مستقل	-

منبع: یافته‌های تحقیق

به منظور برآورد الگوی بهینه، ابتدا الگویی که در آن مقدار معیارهای اطلاعاتی حدافل است برآورد شد. بر این اساس، ابتدا الگو با مرتبه  $AR(1)$  برآورد شد. برای آسیب‌شناسی الگو تابع خودهمبستگی<sup>۳</sup> و خودهمبستگی جزئی<sup>۴</sup> مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد برای مرتبه‌های  $AR(1)$ ،  $AR(3)$  و  $AR(4)$ ، اجزای اخلاص به طور نرمال توزیع نشده‌اند و از استقلال برخوردار نبودند. تنها، جزء اخلاص مرتبه  $AR(8)$

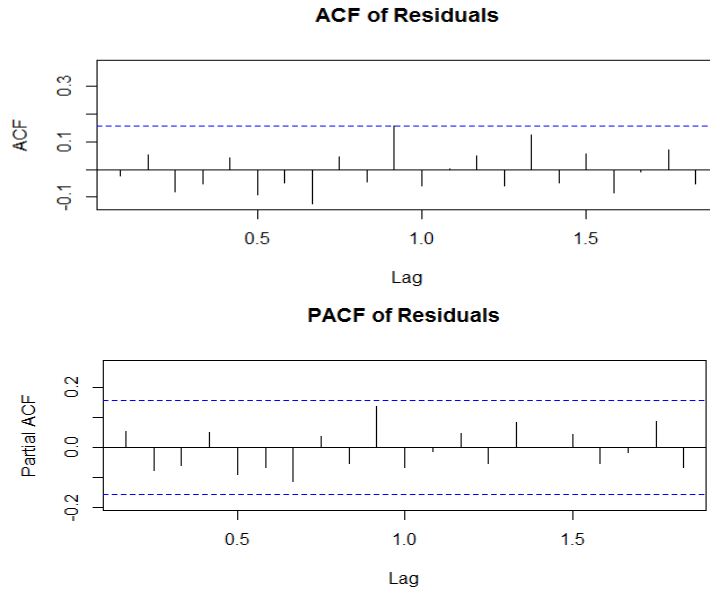
<sup>1</sup> Akaike Information Criterion (AIC)

<sup>2</sup> Schwarz Bayesian Information Criterion (BIC)

<sup>3</sup> Autocorrelation Function (ACF)

<sup>4</sup> Partial Autocorrelation Function (PACF)

فاقد آسیب بود. شکل (۵) تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی را برای مرتبه مذکور به تصویر کشیده‌اند. با توجه به شکل، مرتبه بهینه برای برآورد الگوی خودبازگشت آستانه‌ای خودمحرک به صورت  $AR(8)$  انتخاب شد.

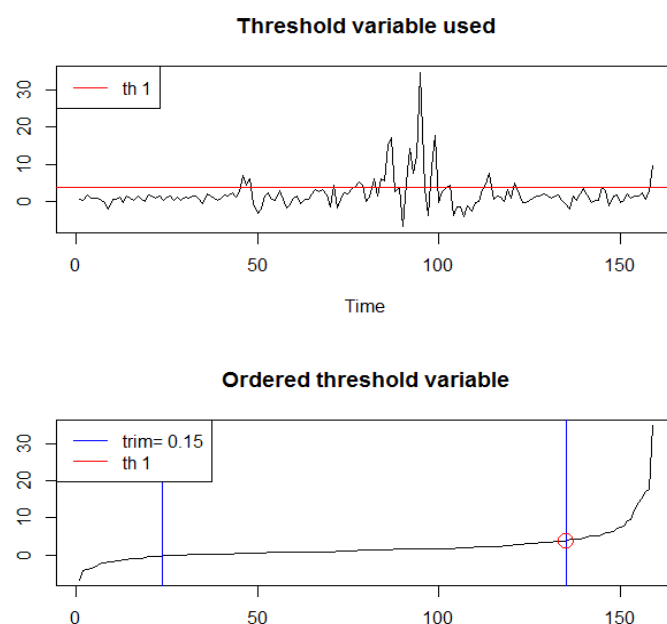


شکل (۵): توابع همبستگی و همبستگی جزئی جز اختلال برای الگوی بهینه<sup>۱</sup> SETAR  
منبع: یافته‌های تحقیق

بعد از انتخاب مرتبه بهینه، ضرایب و مقدار آستانه به‌طور هم‌زمان برآورد می‌شوند. برای برآورد آستانه، ابتدا متغیر به‌صورت صعودی مرتب می‌شود. سپس، ۱۵٪ از ابتدا و انتهای آن حذف می‌شود تا مقدار برآوردی آستانه به مقادیر دور افتاده داده‌ها نزدیک نباشد. شکل (۶) به این مهم اختصاص پیدا کرده است. قسمت اول شکل، سری زمانی نرخ رشد نرخ ارز حقیقی را به تصویر کشیده است. قسمت دوم، متغیر را به‌صورت صعودی و مرتب شده نشان می‌دهد. برای یافتن مقدار آستانه در بازه ۸۵٪ میانی، به ازای

<sup>۱</sup>. نقاط خط چین مقادیر بحرانی را نشان می‌دهند.

مقادیر مختلف الگو برآورد می‌شود. آستانه بهینه مقداری است که به ازای آن مجموع مربعات خطای رگرسیون<sup>۱</sup> حداقل شود.



شکل (۶): آستانه برآوردی و تقسیم‌بندی سری زمانی

منبع: یافته‌های تحقیق

شکل نخست سری زمانی رشد نرخ ارز حقیقی است. در شکل دوم، این متغیر به صورت صعودی مرتب شده است. به طوری که ۱۵ درصد از ابتدا و انتهای آن حذف شده است.

نتایج حاکی از آن است که ۳/۸۴٪، نقش آستانه را پیدا می‌کند. بر این اساس، ضرایب الگو قبل از این مقدار رژیم پایین و مقدار بیش‌تر از آن رژیم بالا هستند؛ به عبارت دیگر، زمانی که نرخ رشد ارز حقیقی از ۳/۸۴ کم‌تر باشد، رشد نرخ ارز حقیقی اندک است و به صورت رژیم با رشد پایین طبقه‌بندی می‌شود. در غیر این صورت، رشد نرخ ارز حقیقی شدید است و در رژیم با رشد بالا قرار داریم. ۱۵/۰۹٪ مشاهدات در

<sup>۱</sup>. Sum of Squares Regression (SSR)

رژیم بالا و ۸۴/۹۱٪ از آن‌ها در رژیم پایین قرار دارند. جدول (۶)، نتایج برآورد الگو و ضرایب را در رژیم نشان می‌دهد.

جدول (۶): برآورد الگوی SETAR

رژیم بالا (۳/۸۴٪ <math>\tau ></math>)		رژیم پایین (۳/۸۴٪ <math>\tau \leq</math>)		رژیم
ضریب	سطح معنی‌داری	ضریب	سطح معنی‌داری	پارامتر
۰/۰۷	۲/۲۷	۰/۰۱	۰/۸۶	عرض از مبدأ
۰/۸۹	۰/۲	۰/۰۷	۰/۲۹	AR(1)
۰/۲	-۰/۲۲	۰/۱۳	-۰/۱۲	AR(2)
۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۲	۰/۱۱	AR(3)
۰/۰۰۱	۰/۳۵	۰/۳۵	-۰/۱۱	AR(4)
۰/۰۰	-۰/۵	۰/۱۲	۰/۲	AR(5)
۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۹۲	۰/۰۱	AR(6)
۰/۷۵	-۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۱	AR(7)
۰/۰۰	۱/۰۶	۰/۴۸	-۰/۰۵	AR(8)

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج نشان دهنده آن است که ضرایب در دو رژیم با یکدیگر تفاوت بسیاری دارند؛ به عبارت دیگر، ماندگاری نرخ ارز حقیقی شدیداً به مقدار آستانه برآورد شده بستگی دارد. این مطلب، نشان‌دهنده اهمیت به کارگیری رهیافت غیرخطی در مطالعه رفتار نرخ ارز حقیقی است.

زمانی که رشد نرخ ارز حقیقی از مقدار آستانه کم‌تر باشد (۳/۸۴٪ <math>\tau \leq</math> و رژیم پایین)، تنها ضریب AR(1) در سطح ۹۰٪ معنی‌دار است. با عبور از آستانه و در رژیم بالا (۳/۸۴٪ <math>\tau ></math>)، ضرایب AR(3)، AR(4)، AR(5) و AR(8) معنی‌دار هستند. با مقایسه جمع جبری ضرایب در رژیم بالا و ضریب AR(1) می‌توان پایداری رشد نرخ ارز حقیقی را مقایسه کرد. بر این اساس، مشخص است که اگر رشد نرخ ارز حقیقی از مقدار آستانه فراتر رود (۳/۸۴٪)، پایداری آن افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر، زمانی که نرخ رشد ارز حقیقی در اقتصاد ایران شدید باشد، انتظار می‌رود این نرخ‌ها پایدار باشند.

## ۷-۴. برآورد الگوی رگرسیون انتقال ملایم لجستیک (LSTAR)

به منظور برآورد الگوی LSTAR، ابتدا با استفاده از معیار اطلاعاتی شواترز - بیزین مرتبه بهینه AR تشخیص داده می شود. جدول (۷) به این مهم اختصاص یافته است.

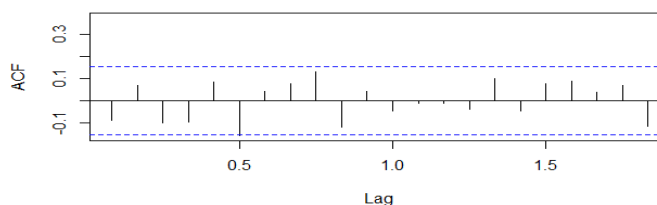
جدول (۷): انتخاب مرتبه AR برای الگوی LSTAR

مرتبه AR	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
معیار BIC	۴۵۱/۷۷	۴۴۶/۱۶	۴۳۵/۸	۴۴۰/۶۱	۴۵۰/۵۹	۴۳۷/۶۱	۴۳۹/۳۵
جزء اخلاص	-	-	غیرمستقل		-	مستقل	-
معنی داری آستانه	-	-	معنی دار نیست			معنی دار است	

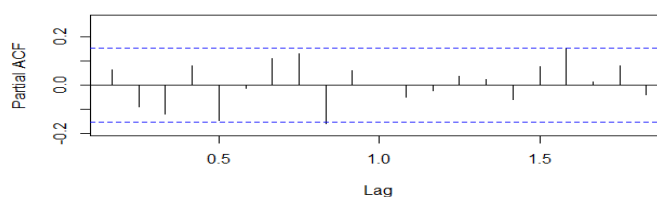
منبع: یافته های تحقیق

با توجه به جدول فوق، بر اساس مقدار حداقل معیار شواترز - بیزین، نخست الگو با مرتبه  $AR(3)$  انتخاب شد؛ اما جزء اخلاص این الگو به طور نرمال توزیع نشده بود و از استقلال برخوردار نبود. علاوه بر این، مقدار آستانه برآورد شده اختلاف معنی داری با صفر نداشت. از این رو، در مرحله بعد با توجه به معیار مذکور الگو با مرتبه  $AR(6)$  برآورد شد. از آنجایی که الگو با مرتبه  $AR(6)$  با آسیب مربوط جزء اخلاص مواجه نبود، این مرتبه به عنوان مرتبه بهینه انتخاب شد. شکل (۷) تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی را برای مرتبه مذکور به تصویر کشیده اند.

ACF of Residuals



PACF of Residuals



شکل (۷). توابع همبستگی و همبستگی جزئی جز اخلاص برای الگوی بهینه LSTAR

منبع: یافته های تحقیق



در جدول (۸)، نتیجه آزمون غیرخطی بودن ساختار رشد نرخ ارز حقیقی و لزوم برآورد الگوی LSTAR گزارش شده است.

جدول (۸): آزمون غیرخطی بودن ساختار رشد نرخ ارز حقیقی

نتیجه	سطح معنی داری	آماره	فرضیه‌ها
رد $H_0$	۰/۰۰	۶/۲۷	$H_0$ : ساختار سری زمانی خطی است (AR) $H_1$ : ساختار سری زمانی غیرخطی است (LSTAR)

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتیجه آزمون F، بررسی رفتار رشد نرخ ارز حقیقی با استفاده از الگوی LSTAR نسبت به الگوی خطی ضرورت دارد.

جدول (۹) نتایج برآورد الگوی LSTAR که از فرآیند  $AR(6)$  پیروی می‌کند را به‌طور خلاصه ارائه کرده است. لازم به ذکر است آستانه برآورد شده ۵٪ به دست آمد که در سطح ۹۹٪ قابل اطمینان است. بر این اساس، مقادیر کم‌تر از ۵٪ رژیم نرخ رشد پایین و مقادیر بیش‌تر از آن رژیم نرخ رشد بالا نام‌گذاری می‌شوند.

جدول (۹): برآورد الگوی SETAR

رژیم بالا ( $\tau > 5\%$ )		رژیم پایین ( $\tau \leq 5\%$ )		رژیم
سطح معنی داری	ضریب	سطح معنی داری	ضریب	
۰/۶۹	-۰/۶۸	۰/۰۰	۱/۱۸	عرض از مبدأ
۰/۲۳	-۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۱۷	AR(1)
۰/۶۸	۰/۱۶	۰/۵۳	-۰/۰۵	AR(2)
۰/۰۰	۱/۲	۰/۱۱	۰/۱۳	AR(3)
۰/۱۴	۱/۲۹	۰/۷۷	-۰/۰۳	AR(4)
۰/۴۳	-۰/۱۳	۰/۶۴	-۰/۰۵	AR(5)
۰/۰۰	۰/۸۳	۰/۸	-۰/۰۲	AR(6)

منبع: یافته‌های تحقیق

ضرایب برآورد شده برای مرتبه‌های مختلف در دو رژیم نشان دهنده آن است که در صورتی که نرخ رشد نرخ ارز حقیقی بیش‌تر از ۵٪ باشد، رفتار این متغیر پایدار خواهد بود؛ اما در مقادیر کم‌تر آستانه به علت عدم معنی‌داری ضرایب، خصوصیت مذکور مصداق نخواهد داشت.

### ۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

بررسی وجود ریشه واحد فصلی برای شاخص قیمت مصرف‌کننده ایران و نرخ ارز اسمی در بازار آزاد با آزمون HEGY ضرورت تعدیل فصلی متغیرهای مذکور را نمایان ساخت. برای این منظور از روش X-13 استفاده شد. در مرحله بعد، آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته نشان داد نرخ رشد نرخ ارز حقیقی در تمامی حالت پایا است. قبل از برآورد الگوهای مطرح شده، از آزمون‌های BDS و هانسن (۱۹۹۹) برای بررسی رفتار غیرخطی متغیر اصلی تحقیق استفاده شد. نتایج نشان داد امکان وجود رفتار غیرخطی در نرخ رشد نرخ ارز حقیقی امکان پذیر است. پس از محاسبه مرتبه بهینه برای AR و در نظر داشتن سایر مقتضیات اقتصادسنجی (آزمون هانسن)، دو الگوی SETAR و LSTAR برآورد شدند. مقدار آستانه برای الگوی اول ۳/۸۴٪ و برای الگوی دوم ۵٪ محاسبه شد. در هر دو الگو مشخص شد مادامی که نرخ ارز حقیقی در رژیم شدید قرار گیرد، پایداری قابل توجهی خواهد داشت و از مقادیر گذشته خود به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

فرضیه ۱: رشد نرخ ارز حقیقی در ایران رفتار غیرخطی دارد. آزمون‌های BDS و هانسن (۱۹۹۹) بر غیرخطی بودن نرخ ارز حقیقی دلالت داشتند؛ بنابراین، فرضیه نخست پذیرفته می‌شود. فرضیه ۲: پایداری رشد نرخ ارز حقیقی ایران در مقادیر کمتر از آستانه (رژیم پایین: زمانی که نرخ ارز حقیقی در حال کاهش است) نسبت به مقادیر بیشتر از آستانه (رژیم بالا: زمانی که نرخ ارز حقیقی در حال افزایش است) بیشتر است. با برآورد الگوهای SETAR و LSTAR مشخص شد در صورتی که نرخ ارز از آستانه برآورد شده بالاتر باشد، به نسبت پایدارتر خواهد بود؛ به عبارت دیگر، اگر رشد نرخ ارز حقیقی شدید باشد، انتظار می‌رود مدت زمان بیش‌تری در این فاز سپری شود. از این رو، فرضیه مطرح شده رد می‌شود.

بر اساس نتایج به دست آمده پیشنهادهای زیر مطرح می‌شوند:

۱. در سیاست‌گذاری رفتار نرخ ارز به‌صورت غیرخطی مدنظر قرار گیرد.
۲. از آنجایی که واریانس نرخ ارز شرطی است و بی‌ثباتی ایجاد شده در هر دوره دوره‌های بعدی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، می‌بایست از ایجاد بی‌ثباتی در نرخ ارز ممانعت به عمل آورد تا اثرات تلاطمی آن برای دوره‌های بعدی کاهش یابد.

۳. سیاست‌گذار مقادیر آستانه‌های برآورد شده را مدنظر قرار دهد و از ابزارهای سیاست پولی مستقیم (نرخ سود بانکی، سقف اعتباری) و غیر مستقیم (نسبت سپرده قانونی، اوراق مشارکت بانک مرکزی، سپرده ویژه بانک‌ها نزد بانک مرکزی) مناسب در جهت کنترل تورم استفاده کند تا ماندگاری رشد نرخ ارز حقیقی به سایر بخش‌ها لطمه نزند.

### References

- Ansarinassab, M., & Mohammadi, Z. (2019). Investigation of nonlinear exchange rate behavior in Iran: evidence from Markov switching model. *Journal of Iranian Economics Issues*, 6(1), 21-40. (in Persian)
- Amini, A., & Zare, S. (2002). The analysis of the role of the real exchange rate and its fluctuations on Iranian industrial exports. *Journal of Financial Economics*, 38, 99-120. (in Persian).
- Amrollahi Boyuki, E.; Abtahi, Y., & Heydari Boyuki, T. (2018). Nonlinear analysis of foreign exchange market pressure behavior in the Iranian economy: self-exciting threshold autoregressive. *Monetary and Banking Research*, 37, 413-436. (in Persian)
- Bahador, A. (2015). *Currency systems: classification, identification and economic effects*. Monetary and Banking Research Institute, Central Bank of Iran. (in Persian)
- Broock, W. A.; Scheinkman, J. A.; Dechert, W. D., & LeBaron, B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. *econometric reviews*, 15(3), 197- 235.
- Enders, W. (2008). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
- Farzinvas, A. (2014). *International finance*. Iran, Tehran: Nashre Noor Publications. (in Persian)
- Giannellis, N., & Koukouritakis, M. (2013). Exchange rate misalignment and inflation rate persistence: evidence from Latin American countries. *International Review of Economics & Finance*, 25, 202-218.

Hansen, B. (1999). Testing for linearity. *Journal of Economic Surveys*, 13(5), 551-576.

Hasani, G., & Ajam, M. (1988). *International banking operations 1*, Banking Training Center of the Central Bank (IRAN), 7-8. (in Persian)

Hauzenberger, N., & Huber, F. (2018). Model instability in predictive exchange rate regressions, *Journals of Forecasting*, 39(2) 168-186.

Heidarzadeh Hanzaee, A., & Farahani, M. (2019). Investigating the impact of oil price and exchange rate uncertainty on stock return using whitening linear transformation and vector autoregressive model. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 12(43), 131-142. (in Persian)

Huber, F. (2016). Forecasting exchange rates using multivariate threshold models, *The Journal of Macroeconomics*, 16(1), 193-210.

Huber, F., & Zörner, T.O. (2019). Threshold co-integration in international exchange rates: a bayesian approach, *International Journal of Forecasting*, 35(2). 458-473.

Lin, J.B.; Liang, C.C., & Yeh, M.L. (2011). Examining nonlinear dynamics of exchange rates and forecasting performance based on the exchange rate parity of four asian economies, *Japan and the World Economy*, 23(2), 79-85.

Mahmood, H., & Alkhateeb, TTY. (2018). Asymmetrical effects of real exchange rate on the money demand in Saudi Arabia: a non-linear ARDL approach, *PLoS ONE*, 13(11), 1-12.

Sallenave, A. (2010). Real exchange rate misalignments and economic performance for the G20 countries, *Economie Internationale*, 121, 59-80.

Shakeri, A. (2008). *Macroeconomic theories and policies*. Iran, Tehran: Pars Nevisa Publications. (in Persian)

Teräsvirta, T.; Van Dijk, D., & Medeiros, M.C. (2005). Linear models, Smooth transition auto-regressions, and neural networks for forecasting

---

macroeconomic time series: a reexamination. *International Journal of Forecasting*, 21(4), 755-774.