



## طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در ایران: رویکرد

## تغییر رژیم مارکوف

محمد نصراللهی<sup>۱</sup>کاظم یآوری<sup>۲</sup>رضا نجارزاده<sup>۳</sup>نادر مهرگان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹

## چکیده

وقوع بحران‌های ارزی هزینه‌های سنگینی بر اقتصاد کشورها تحمیل می‌کند. به همین علت، در سال‌های اخیر، طراحی سیستم‌هایی جهت هشدار زودهنگام این بحران‌ها توسعه یافت تا بتوان با شناسایی زودهنگام آن‌ها و فراهم نمودن زمان کافی برای سیاست‌گذاران، از وقوع یک چنین بحران‌هایی جلوگیری نمود. این پژوهش نیز تلاش نمود تا با بکارگیری داده‌های فصلی اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۵:۰۲-۱۳۶۷:۰۱ و استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکوف، ضمن طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در اقتصاد ایران و شناسایی درون‌زای بحران‌های به وقوع پیوسته در دوره مورد بررسی و پیش‌بینی بحران‌های آتی، عوامل مؤثر بر ایجاد و تشدید این بحران‌ها را، به طور جداگانه، در دوره‌های آرامش و بحران شناسایی نماید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده توانایی بالایی در شناسایی این بحران‌ها در دوره زمانی مورد بررسی و پیش‌بینی بحران‌های آتی داشته است. بر اساس این سیستم، وقوع بحران‌های ارزی و تشدید شرایط بحرانی در ایران با مجموعه‌ای از عدم تعادل‌های اقتصاد کلان مرتبط است. این عدم تعادل‌ها و مشکلات موجود در بخش‌های پولی، مالی و خارجی و همچنین، وابستگی کشور به درآمدهای نفتی زمینه وقوع بحران‌های ارزی را در اقتصاد ایران فراهم نموده‌اند. به طور خاص، بر اساس این نتایج، در دوره آرامش، تورم مهمترین عامل افزایش احتمال وقوع بحران ارزی و رشد تولید صنعتی مهمترین عامل کاهش احتمال وقوع این بحران بوده و در دوره بحران، تورم مهمترین عامل تشدید کننده بحران و نسبت درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت به ذخایر ارزی بانک مرکزی و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی به ترتیب مهمترین عوامل در بهبود شرایط بحرانی می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** بحران‌های ارزی، شاخص فشار بازار ارز، سیستم هشدار زودهنگام، رویکرد تغییر رژیم مارکوف.

**Keywords:** Currency Crises, Exchange Market Pressure Index, Early Warning System, Regime-Switching Approach.

**JEL Classification:** C24, F31, G01.

<sup>۱</sup> گروه اقتصاد، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران (نویسنده مسئول) m.nasrollahi@baboliu.ac.ir

<sup>۲</sup> استاد اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران kyavari@yazd.ac.ir

<sup>۳</sup> دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، گروه اقتصاد، تهران، ایران najarzar@modares.ac.ir

<sup>۴</sup> استاد، دانشگاه بوعلی سینا، گروه اقتصاد، همدان، ایران mehregannader@yahoo.com

## ۱- مقدمه

وقوع بحران‌های ارزی در چند دهه اخیر یکی از مشکلات نظام پولی بین‌الملل بوده است. بحران ارزی به یک حمله سوداگرانه اطلاق می‌شود که در آن یک پول ضعیف تحت فشارهای شدید فروش قرار گرفته و نرخ ارز در آن کشور به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد (فرانکل و رز، ۱۹۹۶). در این حالت، عمدتاً ذخایر خارجی نگهداری شده توسط بانک مرکزی کشور مورد نظر به مقدار زیادی کاهش خواهد یافت. این بحران‌ها هزینه‌های زیادی را برای کشور محل وقوع بحران و حتی سایر کشورها به وجود می‌آورند، چرا که احتمال سرایت این بحران به سایر کشورها نیز وجود دارد. به همین علت، اگر چه تا اواخر دهه ۱۹۹۰، پژوهش‌های متعددی جهت یافتن توضیحاتی در خصوص عوامل مهم ایجاد این بحران‌ها، در قالب چهار نسل از مدل‌های نظری، صورت پذیرفت؛ اما، از سال‌های انتهایی قرن بیستم، بخش عمده‌ای از مطالعات به دنبال ایجاد سیستم‌هایی جهت هشدار زودهنگام وقوع این بحران‌ها بوده‌اند. انتظار بر این است که این سیستم‌ها در یک بازه زمانی مناسب وقوع بحران‌های ارزی را از روی علائمی که در اقتصاد ظاهر می‌شوند به صورت آشکار و بدون ابهام به سیاست‌گذاران اقتصادی و فعالین بخش خصوصی اخطار دهند تا فرصت کافی برای اجتناب از وقوع چنین بحران‌هایی فراهم شود. یک چنین سیستم‌هایی نظارت و آگاهی از شرایط مالی و اقتصادی را در هر کشوری بهبود می‌بخشند. در همین راستا، کامینسکی و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۸) با استفاده از یک رویکرد علامت‌دهی<sup>۳</sup> نسل اول یک چنین سیستم‌هایی را ارائه نموده و پس از آن، برگ و پاتیلو<sup>۴</sup> (۱۹۹۹) با بکارگیری مدل‌هایی با متغیر وابسته گسسته (مدل‌های لاجیت و پروبیت)<sup>۵</sup> نسل دوم این سیستم‌ها را معرفی نمودند. این تحقیقات، زمینه‌ساز انجام مطالعات فراوانی در زمینه طراحی سیستم‌های هشدار زودهنگام گردید که پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای را در ادبیات مربوط به این سیستم‌ها به وجود آوردند. البته، با وجود مزایای متعدد، این رویکردها در مسیر هشدار زودهنگام یک بحران ارزی با مشکلات زیادی نیز مواجه بوده‌اند. به عنوان مثال، مقادیر آستانه وقوع بحران در این مطالعات به طور برون‌زا ثابت بوده و انتخاب آن‌ها به میزان زیادی به فروضی خاص و فاقد عمومیت وابسته است (ابراهیمی و توکلیان، ۱۳۹۱). همچنین، در صورت وقوع بحران‌های سخت‌تر و کاهش شدیدتر ارزش پول ملی در آینده، آستانه

1. Frankel & Rose (1996)

2. Kaminsky (1998)

3. Signaling Approach

4. Berg & Pattillo (1999)

5. Logit & Probit Models

تعیین کننده وقوع بحران متفاوت شده و بالاتر خواهد بود. در نتیجه، برخی از بحران‌های ملایم‌تر گذشته در طبقه‌بندی جدید از ذیل عنوان دوره بحران خارج خواهند شد. این بدان معنی است که بروز بحران‌های سخت‌تر در آینده، می‌تواند شناسایی دوره‌های بحران در گذشته را تحت تأثیر قرار دهد (آبیاد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳ و ابراهیمی و توکلیان، ۱۳۹۱). از طرف دیگر، بکارگیری مدل‌های لاجیت و پروبیت نیازمند یک قضاوت کارشناسی در مورد وقوع یا عدم وقوع بحران بوده و مستلزم تعیین زمان شروع و پایان بحران هستند (بیبکی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳). علاوه بر این، وقتی که وقایع بحرانی خیلی کمی در نمونه مورد بررسی مشاهده می‌شود، مدل‌های با متغیر وابسته گسسته از فقدان تغییرپذیری متغیر وابسته رنج می‌برند (بیبکی و همکاران، ۲۰۱۳). در نهایت، تبدیل متغیرها به متغیرهای مجازی بحران در این روش‌ها موجب از دست دادن برخی از اطلاعات مفید موجود در پویایی متغیرها خواهد شد (آبیاد، ۲۰۰۳؛ ون دن برگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۱؛ عرفانی، ۱۳۸۵ و ابراهیمی و توکلیان، ۱۳۹۱). در تلاش برای برطرف کردن بخش مهمی از این مشکلات که ناشی از تعیین برونزای وقوع بحران می‌باشد، استفاده از مدل‌های تغییر رژیم مارکوف<sup>۴</sup> پیشنهاد شده است. این مدل‌ها با تعیین درونزای وقوع بحران‌ها، فروض کمتری را بر توزیع متغیرهای مدل تحمیل نموده و احتمال وقوع بحران را به عنوان یک خروجی ارائه می‌دهند.

در این شرایط، با توجه به وقوع بحران‌های ارزی متعدد در سال‌های پس از انقلاب در ایران و تحمیل هزینه‌های سنگین این بحران‌ها بر اقتصاد کشور، در این تحقیق تلاش می‌گردد با بکارگیری داده‌های فصلی اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۵:۰۲-۱۳۶۷:۰۱، بر اساس شاخص‌های اقتصادی حاوی اطلاعات مفید در ارتباط با التهاب‌های ممکن در بازار ارز و با استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکوف، مدل مناسبی جهت هشدار زود هنگام بحران‌های ارزی در اقتصاد ایران طراحی شود. به همین منظور و در ادامه، پس از ارائه مبانی نظری تحقیق و مطالعات انجام شده قبلی در این زمینه در قالب مروری بر ادبیات تحقیق، روش‌شناسی تحقیق به طور مفصل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بخش از تحقیق، ابتدا به معرفی اجزای سیستم هشدار زود هنگام طراحی شده پرداخته و سپس رویکرد تغییر رژیم مارکوف معرفی می‌گردد. در ادامه و جهت برآورد مدل، ابتدا از آزمون‌های ریشه واحد متغیرهای تحقیق استفاده شده است و پس از آن، سیستم هشدار زود هنگام

---

1. Abiad (2003)

2. Babecký (2013)

3. Van Den Berg (2011)

4. Markov-Switching Models

مورد نظر، در دوره‌های آرامش و بحران، بر اساس رویکرد تغییر رژیم مارکوف برآورد می‌شود. در انتها، پس از انجام آزمون‌های تشخیصی، بررسی عملکرد پیش‌بینی درون نمونه‌ای و برون نمونه‌ای این سیستم و مطالعه ویژگی‌های هر یک از دوره‌های آرامش و بحران، به بحث و نتیجه‌گیری در خصوص یافته‌های تحقیق پرداخته خواهد شد.

## ۲- مروری بر ادبیات تحقیق

همان‌طور که بیان گردید، بعد از مواجهه اقتصاد جهانی با بحران‌های مکرر پس از فروپاشی سیستم برتن‌وودز، تا اواخر دهه ۱۹۹۰، مطالعات متعددی، در قالب چهار نسل از مدل‌های نظری بحران‌های ارزی، جهت یافتن توضیحاتی در خصوص عوامل مهم ایجاد این بحران‌ها صورت پذیرفت (بیلسون<sup>۱</sup>، ۱۹۷۹؛ کروگمن<sup>۲</sup>، ۱۹۷۹، ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹؛ فلاد و گاربر<sup>۳</sup>، ۱۹۸۴؛ اُبستفلد<sup>۴</sup>، ۱۹۹۴ و ۱۹۹۶؛ چانگ و ولاسکو<sup>۵</sup>، ۱۹۹۸؛ کامینسکی و راینهارت<sup>۶</sup>، ۱۹۹۹؛ لی و اینکلن<sup>۷</sup>، ۲۰۰۱؛ شیمپالی و بروئر<sup>۸</sup>، ۲۰۰۶ و سایرین). این مدل‌های نظری بحران‌های ارزی بر اساس مکانیزم‌های بنیادی ایجادکننده بحران و همچنین زمان ارائه آن‌ها به چهار نسل تقسیم می‌شوند. نسل اول این مدل‌ها، بر نقش عوامل بنیادی اقتصادی، سیاست‌های اقتصادی ناپایدار دولت و عدم تعادل‌های ساختاری در اقتصاد کشورها در توضیح بحران‌های ارزی تأکید دارند. نسل دوم این مدل‌ها که به مدل‌های خود محقق‌کننده<sup>۹</sup> معروفند، هنگامی توسعه یافتند که بحران‌ها در کشورهایی با بنیان‌هایی سالم رخ دادند و بر نقش انتظارات و فعالیت‌های سوداگرانه در بروز این بحران‌ها تأکید داشتند. نسل سوم این مدل‌ها، در اواخر دهه ۱۹۹۰ و بعد از بروز بحران‌های ارزی آسیای شرقی ظهور یافتند و بر نقش بخش‌های بانکی و مالی و سرمایه‌گذاری‌های همراه با مخاطره اخلاقی در این بخش‌ها در بروز این بحران‌ها تأکید داشته و موضوع سرایت<sup>۱۰</sup> بحران‌ها را مورد بحث قرار دادند. در نهایت، مدل‌های نسل چهارم، بر نقش عوامل و موقعیت‌هایی علاوه بر موارد فوق و بالاخص

1. Bilson (1979)

2. Krugman (1979, 1998, 1999)

3. Flood & Garber (1984)

4. Obstfeld (1994, 1996)

5. Chang & Velasco (1998)

6. Kaminsky & Reinhart (1999)

7. Li & Inclan (2001)

8. Shimpalee & Bruer (2006)

9. Self-Fulfilling Outcomes

10. Contagion

عوامل نهادی و شکست هماهنگی در وقوع بحران‌های ارزی توجه داشته‌اند. اما، از سال‌های انتهایی قرن بیستم، به دلیل هزینه‌های بالای وقوع چنین بحران‌هایی برای اقتصاد کشورها، مطالعات زیادی به دنبال ایجاد شاخص‌ها و سیستم‌هایی جهت هشدار زودهنگام وقوع این بحران‌ها بوده‌اند<sup>۱</sup> (کامینسکی و همکاران، ۱۹۹۸؛ برگ و پاتیلو، ۱۹۹۹؛ عزیز و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰؛ کارامازا و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۰؛ باسیر و فراتچر<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶؛ باسیر، ۲۰۰۷؛ آری<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲؛ بیبکی و همکاران، ۲۰۱۴؛ آری و سرگیبوزان<sup>۶</sup>، ۲۰۱۸ و سایرین). نسل اول سیستم‌های هشدار زودهنگام توسط کامینسکی و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از یک رویکرد علامت‌دهی ارائه شد. در این رویکرد، هنگامی که یک شاخص منتخب به حد آستانه مشخصی می‌رسد، وقوع بحران را علامت خواهد داد. البته، متدلوژی دهه ۱۹۹۰ به علت توانایی پایین در دادن علامت‌های صحیح در مورد وقوع بحران‌های آینده از اعتبار کافی برای انتقال به نسل دوم مدل‌های هشدار زودهنگام برخوردار نبود. به طور خاص، بسیاری از مطالعات پیشین نسبت‌های بسیار بالایی از اخلال در علامت‌دهی<sup>۷</sup> را در پیش‌بینی بحران‌های آینده گزارش دادند (برگ و پاتیلو، ۱۹۹۹). برگ و پاتیلو (۱۹۹۹) نسل دوم سیستم‌های هشدار زودهنگام را با استفاده از مدل‌هایی با متغیر وابسته گسسته (مدل‌های لاجیت و پروبیت) ارائه نمودند. در این مدل‌ها، احتمال وقوع بحران مورد بررسی قرار گرفته و در صورتی که احتمال به حد آستانه معینی برسد، اخطار وقوع بحران صادر می‌شود. این محققین نشان دادند که روش مورد استفاده آن‌ها از جنبه‌های مختلف نسبت به روش علامت‌دهی برتری دارد. این مطالعه، راه را برای تعداد زیادی از مطالعات تجربی در این زمینه هموار نمود (کومار و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۰۳؛ فیوارتس و کالوتیچو<sup>۹</sup>، ۲۰۰۷؛ برگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ فریدون<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۸؛ آری، ۲۰۱۲؛ کاملی<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۶؛

<sup>۱</sup>. البته، شناسایی عوامل ایجادکننده بحران‌های ارزی در قالب مدل‌های نظری بحران، به طور ضمنی، به طراحی سیستم‌های هشدار زودهنگام کمک نموده و شاخص‌هایی را برای تشکیل مدل‌های مورد استفاده در این سیستم‌ها پیشنهاد می‌کند.

<sup>۲</sup>. Aziz (2000)

<sup>۳</sup>. Caramazza (2000)

<sup>۴</sup>. Bussiere & Fratzscher (2006)

<sup>۵</sup>. Ari (2012)

<sup>۶</sup>. Ari & Cergibozan (2018)

<sup>۷</sup>. Noise- to- Signal

<sup>۸</sup>. Kumar (2003)

<sup>۹</sup>. Fuentes & Kalotychou (2007)

<sup>۱۰</sup>. Feridun (2008)

<sup>۱۱</sup>. Comelli (2016)

بونمن و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷؛ الآصف<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷؛ آری و سرگیوزان، ۲۰۱۸ و سایرین). همچنین، در تلاش برای بهبود عملکرد این مدل‌ها، باسیر و فراتچر<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) نیز در طراحی سیستم هشدار زودهنگام از یک مدل لاجیت چندجمله‌ای استفاده کردند.

البته، همان‌طور که بیان شد، این رویکردها از مسائلی نظیر تعیین مقادیر آستانه وقوع بحران، قضاوت در مورد وقوع یا عدم وقوع بحران و تعیین زمان شروع و پایان بحران رنج می‌برند. در این شرایط، محققینی نظیر سِرا و ساکسنا<sup>۴</sup> (۲۰۰۲)، مارتینز-پریا<sup>۵</sup> (۲۰۰۲)، ایباد (۲۰۰۳)، فراتچر (۲۰۰۳)، ماریانو و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۳)، آریاس و ارلندسون<sup>۷</sup> (۲۰۰۴)، بوینت و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۵)، برونٹی و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۷)، فورد و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۷)، سیولینی و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۸)، آری و سرگیوزان (۲۰۱۸) و سایرین، برای برطرف کردن بخش مهمی از این مشکلات که ناشی از تعیین برون‌زای وقوع بحران می‌باشد، از مدل‌های تغییر رژیم مارکوف استفاده نمودند. همان‌طور که بیان گردید، این مدل‌ها با تعیین درون‌زای وقوع بحران‌ها، فروض کمتری را بر توزیع متغیرهای مدل تحمیل می‌نمایند.

در همین راستا، مطالعات معدودی نیز با استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکوف، به طراحی سیستم‌های هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در ایران پرداختند. عرفانی (۱۳۸۵) با استفاده از داده‌های فصلی طی دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۳۶۷ و بکارگیری الگوی تغییر رژیم مارکوف، به طراحی و برآورد یک سیستم هشدار پیش از وقوع بحران‌های ارزی در ایران پرداخت. این مطالعه از متغیر شاخص فشار بازار ارز به عنوان متغیر وابسته مدل و متغیرهای انحراف نرخ ارز واقعی از روند تعادلی، نرخ رشد نسبت  $M2$  به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، نرخ رشد تولید واقعی، نسبت دارایی‌های خارجی بانک مرکزی به کل دارایی‌های آن، نرخ رشد سپرده‌های بانکی، نرخ رشد نسبت سپرده‌ها به  $M2$  و نسبت بدهی دولت به بانک مرکزی به کل مطالبات بانک مرکزی به عنوان متغیرهای توضیحی مدل (شاخص‌های پیشروی وقوع بحران) استفاده نمود. به اعتقاد این

1. Boonman (2017)

2. Al-Assaf (2017)

3. Cerra and Saxena (2002)

4. Martinez-Peria (2002)

5. Mariano (2003)

6. Arias and Erlandsson (2004)

7. Boinet (2005)

8. Brunetti (2007)

9. Ford (2007)

10. Cipollini (2008)

محقق، الگوی برآوردی در این تحقیق توانایی مناسبی در پیش‌بینی به موقع بحران‌های ارزی در ایران دارد. بر اساس نتایج این تحقیق، دوره‌های زمانی ۱۳۷۴:۰۱-۱۳۷۲:۰۲، ۱۳۷۴:۰۴، ۱۳۷۵:۰۳، ۱۳۷۸:۰۲-۱۳۷۶:۰۴، ۱۳۸۰:۰۲-۱۳۸۰:۰۱، ۱۳۸۰:۰۴ و ۱۳۸۲:۰۲ به عنوان نقاط بحرانی شاخص فشار بازار ارز در ایران شناسایی شده‌اند. همچنین، در این تحقیق، احتمال ماندن در وضعیت آرامش، احتمال انتقال از وضعیت آرامش به وضعیت بحرانی، احتمال ماندن در وضعیت بحرانی و احتمال انتقال از وضعیت بحرانی به وضعیت آرامش به ترتیب برابر با ۰/۷۳، ۰/۲۷، ۰/۱۳ و ۰/۸۷ برآورد گردید. علاوه بر این، با توجه به نتایج به دست آمده، از بین متغیرهای توضیحی مدل مورد استفاده در این تحقیق، متغیر نسبت بدهی دولت به بانک مرکزی به کل مطالبات بانک مرکزی مهمترین متغیر مؤثر بر بحران ارزی یا تشدیدکننده آن بوده است. ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱) با استفاده از یک مدل مارکوف- سوئیچینگ با ماتریس احتمال گذار متغیر و با بهره‌گیری از شاخص‌های هشدار دهنده، تلاش نمودند تا ضمن طراحی یک سامانه هشدار زود هنگام بحران‌های ارزی در ایران، دوره‌های وقوع یک چنین بحران‌هایی در اقتصاد ایران را در دوره زمانی ۱۳۶۷-۱۳۸۹ شناسایی نمایند. این مطالعه، با استفاده از رویکرد عام به خاص، از بین ۱۹ شاخص هشدار معرفی شده برای شناسایی و پیش‌بینی بحران ارزی، شاخص‌های نرخ رشد *GDP* حقیقی، نسبت کسری بودجه به *GDP*، انحراف لگاریتم نرخ ارز مؤثر حقیقی از روند آن، نسبت کسری حساب جاری به *GDP*، رشد درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت و نسبت تغییر در *M2* به تغییر در ذخایر ارزی بانک مرکزی را به عنوان شاخص‌های اصلی هشدار دهنده این بحران انتخاب نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مدل طراحی شده در دوره‌های زمانی نیمه دوم ۱۳۶۷ و نه ماهه اول ۱۳۶۸، سه ماهه اول ۱۳۶۹، نیمه دوم ۱۳۷۲، سال ۱۳۷۳، نیمه اول ۱۳۷۴، سه ماهه سوم ۱۳۷۵ و سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸، وقوع بحران ارزی را هشدار داده است. مطهری و همکاران (۱۳۹۴) نیز با بکارگیری رویکرد مارکوف سوئیچینگ گارچ و استفاده از داده‌های روزانه مربوط به بازه زمانی بیست و پنجم اردیبهشت سال ۱۳۸۵ تا بیست و یکم تیرماه سال ۱۳۹۴ به ارائه یک الگوی هشدار پیش از وقوع نوسانات ارزی در بازار ارز ایران پرداختند. بر اساس نتایج این تحقیق، از اواخر سال ۱۳۹۰ و سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به دلیل تشدید تحریم‌های اقتصادی بازار ارز دچار نوسانات شدیدی شده است به طوری که احتمال قرار گرفتن در رژیم نوسانات شدید ارزی به میزان بسیار زیادی افزایش یافته است. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که احتمال ماندن در رژیم پرنوسان ارزی، احتمال انتقال از رژیم پرنوسان به رژیم کم‌نوسان ارزی، احتمال





در این شرایط و با توجه به اهمیت تفکیک عوامل مؤثر بر ایجاد یک بحران ارزی از عوامل تشدیدکننده یک بحران، مطالعه حاضر در نظر دارد با بکارگیری رویکرد تغییر رژیم مارکوف، ضمن طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در اقتصاد ایران و شناسایی درون‌زای بحران‌های به وقوع پیوسته در دوره مورد بررسی و پیش‌بینی بحران‌های آتی در قالب همین سیستم و به پیروی از آری و سرگوزان (۲۰۱۸) عوامل مؤثر بر ایجاد و تشدید این بحران‌ها را به طور جداگانه در دوره‌های آرامش و بحران شناسایی نماید.

### ۳- روش‌شناسی تحقیق

#### ۳-۱- مدل، متغیرها و ابزار تحقیق

هدف سیستم‌های هشدار زودهنگام، پیش‌بینی بحران‌هاست. یعنی دوره‌های بحران، آغاز بحران‌ها و یا حتی در صورت امکان طول مدت آن‌ها. یکی از روش‌های طراحی یک چنین سیستمی، استفاده از مدلی است که شاخص‌های پیشروی وقوع بحران را با استفاده از یک رابطه تابعی به یک متغیر وابسته پیوسته نشان دهنده وضعیت بازار ارز مرتبط می‌نماید. در این تحقیق، جهت برقراری یک چنین ارتباطی از رویکرد تغییر رژیم مارکوف استفاده می‌شود. با استفاده از این رویکرد، می‌توان با طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام، بحران‌های به وقوع پیوسته گذشته را به صورت درون‌زا شناسایی کرد، به پیش‌بینی بحران‌های آتی پرداخت و علاوه بر همه این‌ها، در قالب این مدل عوامل مؤثر بر ایجاد و تشدید این بحران‌ها را به طور جداگانه در دوره‌های آرامش و بحران شناسایی نمود. در این شرایط، جهت تصریح مدل هشدار زودهنگام مورد نظر این تحقیق، سه عنصر مورد استفاده در این مدل یعنی متغیر وابسته مدل، شاخص‌های پیشروی وقوع بحران و رویکرد تغییر رژیم مارکوف تبیین می‌شود:

- **متغیر وابسته:** در طراحی مدل‌های هشدار زودهنگام بحران با استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکوف می‌بایست از یک متغیر وابسته پیوسته که نشان دهنده وضعیت بازار ارز کشور است استفاده نمود. در ادبیات مربوط به این موضوع، از متغیرهای مختلفی از قبیل نرخ ارز بازار آزاد، شاخص فشار بازار ارز، درصد تغییر در نرخ ارز بازار آزاد و ... برای این منظور استفاده شده است. در این میان، باید توجه داشت که استفاده از شاخص فشار بازار ارز به عنوان متغیر وابسته پیوسته در یک مدل تغییر رژیم مارکوف از مزیت عمده‌ای برخوردار است، چرا که این شاخص تعریف وسیع‌تری را از بحران ارزی ارائه می‌کند که شامل حملات سوداگرانه ناموفق نیز می‌شود. در این

حالت، مدل طراحی شده می‌تواند نشان دهنده بحران‌های ارزی به وقوع پیوسته، بحران‌های سرکوب شده و عوامل ایجاد کننده همه آن‌ها باشد. یک چنین مدلی هزینه‌های وارد بر اقتصاد در صورت جلوگیری از وقوع بحران‌های ارزی را به رسمیت شناخته و با شناسایی عوامل ایجاد کننده یک چنین بحران‌هایی قادر به ارائه هشدارهایی دقیق‌تر خواهد بود. به همین جهت، در این تحقیق، از شاخص فشار بازار ارز به عنوان متغیر وابسته مدل استفاده می‌شود. شاخص فشار بازار ارز، یک میانگین وزنی از تغییرات نرخ ارز، از دست رفتن ذخایر ارزی کشور و تغییرات نرخ بهره است (ایخنگرین و همکاران، ۱۹۹۵). در این مطالعه، شاخص فشار بازار ارز ( $MPI$ ) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MPI_t = \frac{1}{cv_{ER}} \left( \frac{ER_t - ER_{t-1}}{ER_{t-1}} \right) - \frac{1}{cv_{IR}} \left( \frac{IR_t - IR_{t-1}}{IR_{t-1}} \right) + \frac{1}{cv_r} (r_t - r_{t-1}) \quad (1)$$

که در آن،  $ER$  نرخ ارز بازار،  $IR$  میزان ذخایر بین‌المللی کشور و  $r$  نرخ سود سپرده‌های کوتاه‌مدت بانکی بوده و  $cv_{ER}$ ،  $cv_{IR}$  و  $cv_r$  به ترتیب ضریب تغییرات نرخ ارز بازار، ذخایر بین‌المللی کشور و نرخ سود سپرده‌های کوتاه‌مدت بانکی در دوره زمانی مورد بررسی هستند.

**- انتخاب مجموعه‌ای از شاخص‌های پیشروی وقوع بحران به عنوان متغیرهای توضیحی مدل.** انتخاب این متغیرها بخش مهمی از مدل مد نظر تحقیق را تشکیل می‌دهد. شاخص‌های پیشرو متغیرهایی هستند که تغییرات در آن‌ها می‌تواند هشدار بر وقوع بحران در آینده باشد. این شاخص‌ها شامل طیف وسیعی از متغیرهای اقتصاد کلان و متغیرهای مالی می‌باشند که وضعیت اقتصاد را در بخش‌های حقیقی، پولی و بخش خارجی نشان داده و بر پایه این برداشت استوارند که قبل از وقوع هر بحران ارزی در اقتصاد، برخی از متغیرها شروع به حرکت‌های نامعمول می‌کنند که از روی حرکت این متغیرها با احتمال مشخصی می‌توان وقوع بحران را پیش‌بینی کرد.<sup>۲</sup> در ادبیات بحران، سه رویکرد برای تعیین شاخص‌های پیشروی وقوع بحران وجود دارد. در رویکرد اول، ادبیات تئوریک را برای شناسایی این شاخص‌ها مورد بررسی قرار می‌دهند

<sup>۱</sup>. Eichengreen (1995)

<sup>۲</sup>. البته، باید توجه داشت که اگر چه به خاطر ماهیت اقتصادی این شاخص‌ها، می‌توان آن‌ها را به عنوان عوامل اثرگذار بر تغییرات نرخ ارز و به تبع آن وقوع بحران‌های ارزی و تشدید آن‌ها هم به حساب آورد اما کارکرد اصلی این متغیرها، ارائه هشدار قبل از وقوع یک بحران ارزی می‌باشد.

(کامینسکی و همکاران، ۱۹۹۸؛ کامینسکی و راینهارت، ۱۹۹۹ و سایرین). در رویکرد دوم و بالاخص در سال‌های اخیر، برای شناسایی این شاخص‌ها به بررسی دقیق و سیستماتیک مطالعات منتشر شده قبلی در این زمینه می‌پردازند (رز و اسپیگل<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱؛ فرانکل و ساراولوس<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲ و سایرین). و در رویکرد سوم، برخی از مطالعات، همه متغیرهای در دسترس در یک پایگاه داده‌ای و تبدیلات گوناگون بین آن‌ها را برای تعیین این شاخص‌ها مد نظر قرار می‌دهند. البته، همه این رویکردها در معرض از دست دادن برخی از شاخص‌های مهم بالقوه در این زمینه هستند. در این مقاله، از ترکیبی از رویکردهای اول و دوم پیروی شده و با بررسی مدل‌های نظری توضیح دهنده چگونگی ایجاد بحران‌های ارزی و نیز مطالعه سیستماتیک ادبیات تجربی موجود در خصوص این بحران‌ها و متناسب با شرایط اقتصاد ایران، شاخص‌های پیشروی وقوع بحران‌های ارزی انتخاب شدند. در این شرایط، مجموعه شاخص‌های استفاده شده در این تحقیق، منبع مورد استناد برای بکارگیری این شاخص‌ها و علامت‌های انتظاری آن‌ها در مدل طراحی شده را می‌توان در جدول ۲ مشاهده نمود. البته، جهت طراحی دقیق‌تر مدل هشدار زودهنگام مورد بررسی و بر اساس ادبیات موجود در این زمینه، شاخص‌های پیشروی بیشتری نظیر نسبت مخارج جاری دولت به تولید ناخالص داخلی، نسبت ذخایر بانکی به دارایی‌های بانکی، نرخ رشد صادرات، نرخ رشد واردات، نسبت حساب جاری به تولید ناخالص داخلی و ... نیز برای سهم بودن در مدل مورد بررسی در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفتند که به دلیل آن که کمکی به تبیین بهتر این مدل‌ها نکرده و یا بعضاً متغیرهایی نسبتاً مشابه با آن‌ها در مدل‌های مورد نظر وجود داشت، از تجزیه و تحلیل نهایی کنار گذاشته شدند<sup>۳</sup>. اطلاعات مربوط به این متغیرها (و سایر متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق) از بانک اطلاعات سری زمانی بانک مرکزی ج.ا.ا.، ناگرهای آماری منتشر شده توسط این نهاد و منابع آماری منتشر شده توسط مرکز آمار ایران استخراج شده‌اند.

همان‌طور که از جدول ۲ مشاهده می‌شود، هر یک از این شاخص‌ها، علاوه بر این که در مطالعات تجربی پیشین مورد استفاده قرار گرفته‌اند، از یک یا چند مورد از نسل‌های مدل‌های نظری توضیح‌دهنده عوامل ایجادکننده بحران‌های ارزی نیز اقتباس شده‌اند. این امر بیان‌گر آن است که

<sup>۱</sup>. Rose & Spiegel (2001)

<sup>۲</sup>. Frankel & Saravelos (2012)

<sup>۳</sup>. در حقیقت، با وجود این که یک چنین متغیرهایی، از لحاظ نظری، قدرت هشداردهی زودهنگام وقوع سقوط ارزش پول ملی را دارند ولی شرایط خاص اقتصادی یک کشور می‌تواند قابلیت انتقال اطلاعات آن‌ها را تنزل داده و آن‌ها را از زمره شاخص‌های هشدار زودهنگام مناسب خارج نماید (ابراهیمی و توکلیان، ۱۳۹۱).

سیستم هشدار زود هنگام طراحی شده با استفاده از این شاخص‌ها، عوامل ایجاد کننده و اثر گذار بر وقوع (و یا تشدید) بحران‌های ارزی را نیز به طور ضمنی مورد بررسی قرار می‌دهد.

جدول ۲: شاخص‌های پیشروی وقوع بحران به عنوان متغیرهای توضیحی مدل

متغیرها و علامت اختصاری	منبع	علامت انتظاری
رشد تولید صنعتی ( <i>gind</i> )	نسل دوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ کامینسکی و همکاران (۱۹۹۸)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، ادیسون (۲۰۰۳)، فریدون (۲۰۰۸)، بیبکی و همکاران (۲۰۱۲)، آری (۲۰۱۲)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	+ / -
رشد تولید ناخالص داخلی واقعی ( <i>ggdp</i> )	نسل دوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ آبیاد (۲۰۰۳)، عرفانی (۱۳۸۵)، صیادنیا طیبی و همکاران (۱۳۸۹)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	-
رشد درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت ( <i>goilr</i> )	نسل اول و دوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ آبیاد (۲۰۰۳)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	-
نسبت درآمد ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی ( <i>oilrir</i> )	نسل اول و دوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	-
نرخ تورم ( <i>inf</i> )	نسل اول و دوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ آری (۲۰۱۲)، بیبکی و همکاران (۲۰۱۴)، آری و سرگیبوزان (۲۰۱۸)، صیادنیا طیبی و همکاران (۱۳۸۹)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	+
نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی ( <i>irid</i> )	نسل دوم و سوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ فرانکل و رز (۱۹۹۶)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، فریدون (۲۰۰۸)، آری و سرگیبوزان (۲۰۱۸)، صیادنیا طیبی و همکاران (۱۳۸۹)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	-
نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی ( <i>m2ir</i> )	نسل اول و سوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ فرانکل و رز (۱۹۹۶)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، ادیسون <sup>۱</sup> (۲۰۰۳)، آبیاد (۲۰۰۳)، فرورد و همکاران (۲۰۰۷)، آری (۲۰۱۲)، آری و سرگیبوزان (۲۰۱۸)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	+
رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی ( <i>gdc</i> )	نسل سوم مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ کامینسکی و همکاران (۱۹۹۸)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، ادیسون (۲۰۰۳)، آبیاد (۲۰۰۳)، فریدون (۲۰۰۸)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	+
نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی واقعی ( <i>bdgdp</i> )	نسل اول مدل‌های نظری بحران‌های ارزی؛ آری (۲۰۱۲)، آری و سرگیبوزان (۲۰۱۸)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۶)	+

منبع: نگارندگان

**رویکرد تغییر رژیم مارکوف:** این که چگونه می‌توان از روی حرکت شاخص‌های پیشرو و تغییرات متغیر وابسته مدل، وقوع بحران را پیش‌بینی کرد، نیازمند بکارگیری یک متدولوژی آماری برای ایجاد هشدار بحران‌ها است که بخش مهمی از سامانه‌های هشدار زود هنگام را تشکیل می‌دهد. یکی از رویکردهای مطرح در این زمینه، روش تغییر رژیم مارکوف می‌باشد. مدل‌های تغییر رژیم برای اولین بار توسط کوانت<sup>۲</sup> (۱۹۷۲) و گلدفلد و کوانت<sup>۱</sup> (۱۹۷۳) معرفی شده و سپس

1. Edison (2003)

2. Quandt (1972)

توسط همیلتون<sup>۲</sup> (۱۹۸۹) برای استخراج ادوار تجاری توسعه داده شدند. در مدل تغییر رژیم معرفی شده توسط کوانت (۱۹۷۲) مکانیسم‌های انتقال از یکدیگر مستقل هستند، در حالی که در مدل ارائه شده توسط گلدفلد و کوانت (۱۹۷۳) و همیلتون (۱۹۸۹) انتقال‌ها توسط زنجیره مرتبه اول مارکوف تحت پوشش قرار می‌گیرند. به همین علت، این مدل‌ها به عنوان مدل‌های تغییر رژیم مارکوف شناخته شده‌اند. در این مدل‌ها، رفتار یک متغیر در رژیم‌ها و وضعیت‌های مختلف متفاوت است و انتقال در رژیم‌ها قابل مشاهده نیست. بنابراین، با استفاده از یک چنین مدلی می‌توان رفتار متغیر مورد نظر را طی دوره‌های زمانی متفاوت مورد بررسی قرار داد. در رویکرد تغییر رژیم مارکوف، سیستم هشدار زودهنگام از دو بخش تشکیل می‌شود: (الف) یک زنجیره مارکوف مرتبه اول از یک متغیر وضعیت تصادفی گسسته ( $s_t$ ) که غیر قابل مشاهده و درون‌زا بوده و در مدل‌های هشدار زودهنگام بحران دربرگیرنده دو وضعیت است. وضعیت صفر که نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است و وضعیت یک که نشان‌دهنده حالت عادی می‌باشد. باید توجه داشت که هر چند متغیر وضعیت  $s_t$  به طور مستقیم قابل مشاهده نیست، اما در طول زمان بر اثر تغییرات نهادی و ساختاری تغییر کرده و رفتار متغیر وابسته به این متغیر بستگی خواهد داشت. (ب) یک مدل سری زمانی تغییر رژیم مارکوف برای متغیر وابسته مورد نظر تحقیق.

در این تحقیق از مدلی استفاده می‌گردد که علاوه بر عرض از مبدأ و واریانس جزء اخلاص مدل، ضرایب شیب مدل نیز وابسته به متغیر وضعیت غیر قابل مشاهده  $s_t$  بوده و در طول زمان دچار تغییر رژیم می‌شوند. در این شرایط، مدل مورد نظر تحقیق را می‌توان به صورت رابطه ۲ نشان داد:

$$\begin{aligned}
 MPI_t &= X_t \beta_{s_t} + e_t; \quad t = 1, \dots, T \\
 e_t &\approx N(0, \sigma_{s_t}^2) \\
 \beta_{s_t} &= \beta_0(1 - s_t) + \beta_1 s_t \\
 \sigma_{s_t}^2 &= \sigma_0^2(1 - s_t) + \sigma_1^2 s_t \\
 s_t &= 0 \text{ or } 1
 \end{aligned}
 \tag{۲}$$

که در آن،  $MPI$ ، درصد تغییر فصلی در نرخ ارز بازار آزاد و متغیر وابسته مدل می‌باشد.  $X$ ، نیز شامل شاخص‌های پیشروی وقوع بحران ارزی و متغیرهای وابسته تأخیری است. علاوه بر این،  $\beta$ ، نشان‌دهنده پارامترهای مدل،  $e$ ، جزء اخلاص مدل و  $\sigma^2$  واریانس جزء اخلاص بوده و  $t$  بیانگر

<sup>۱</sup>. Goldfeld & Quandt (1973)

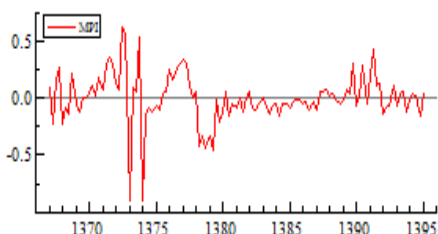
<sup>۲</sup>. Hamilton (1989)

زمان است. در این شرایط، تحت رژیم یک،  $\beta_1$  و  $\sigma_1^2$  به ترتیب پارامترها و واریانس خطاهای مدل در این رژیم بوده و تحت رژیم صفر، پارامترها و واریانس خطاهای مدل عبارتند از:  $\beta_0$  و  $\sigma_0^2$ . همچنین، اگرچه به دلیل غیر قابل مشاهده بودن متغیر وضعیت  $S_t$  نمی‌توان به طور دقیق رژیم رخ داده در زمان  $t$  را تعیین کرد اما می‌توان با استفاده از ماتریس احتمال انتقالات، احتمال مربوط به قرار گرفتن در هر رژیم و احتمال انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر را به دست آورد. در این تحقیق فرض می‌شود که شاخص‌های هشدار زودهنگام می‌توانند هر یک از احتمالات انتقال را در این ماتریس تحت تأثیر قرار دهند و بنابراین، این احتمالات وابسته به زمان هستند. در این شرایط، برای تخمین مدل تغییر رژیم مارکوف از تابع احتمال مشترک بین وقوع  $MPI_t$  و  $S_t$ ها استفاده شده و بر اساس خاصیت توابع حداکثر راسنمایی  $ML$ ، به منظور حداکثر کردن احتمال رخداد نمونه مورد بررسی در جامعه آماری، احتمال وقوع مشترک کمیت‌های تصادفی در نمونه حداکثر می‌شود. بدین ترتیب، با توجه به تابع احتمال مشترک، از روش حداکثر راسنمایی برای برآورد تمامی کمیت‌های تصادفی این مدل استفاده می‌گردد. البته، همه این موارد در صورتی برای طراحی سیستم هشدار زودهنگام مورد نظر تحقیق مناسب خواهد بود که الگوی داده‌های مورد بررسی غیر خطی باشد. همچنین، جملات اخلال این مدل می‌بایست نرمال بوده و فاقد خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس باشند.

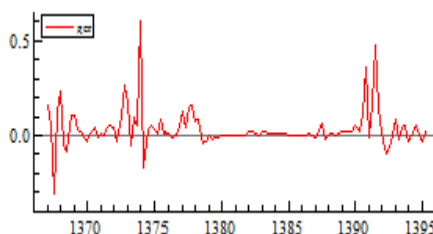
### ۳-۲- مروری بر روند برخی از مهمترین متغیرهای تحقیق

پیش از برآورد مدل پیشنهادی و تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق، مروری خلاصه بر روند تغییرات نرخ ارز و شاخص فشار بازار ارز و همچنین، برخی از مهمترین متغیرهای اثرگذار بر وقوع و تشدید بحران‌های ارزی در ایران می‌تواند زمینه تجزیه و تحلیل مناسب‌تر یافته‌های به دست آمده از این تحقیق را فراهم سازد. در واقع، بر اساس مبانی نظری و مطالعات تجربی مورد اشاره در قسمت‌های قبلی و همچنین، بررسی روند حرکت متغیرهای مختلف، به نظر می‌رسد حرکات و نوسانات در چهار متغیر نسبت کسری بودجه به  $GDP$  واقعی، نرخ تورم، نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی بیش از همه در ایجاد و تشدید این نوسانات و فشارها در بازار ارز ایران اثرگذار بوده‌اند. به همین جهت، به منظور مشاهده روابط موجود در این زمینه، روند تغییرات متغیرهای رشد نرخ ارز بازار آزاد، شاخص فشار بازار ارز و این چهار متغیر طی دوره زمانی مورد بررسی در نمودارهای ۱ تا ۶ آورده شده‌اند.

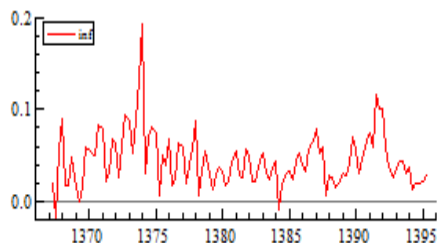
همان‌گونه که از نمودارهای ۱ و ۲ قابل مشاهده است، در سال‌های انتهایی دهه ۱۳۶۰، سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۷۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۹۰، بازار ارز ایران متحمل نوسانات و فشارهای قابل ملاحظه‌ای گردیده است. البته، همان‌طور که در نمودارهای ۳، ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، این نوسانات و فشارها در بازار ارز به مقدار قابل توجهی با نوسانات نرخ تورم در سال‌های مورد اشاره در فوق؛ نوسانات و رشد نسبت کسری بودجه به  $GDP$  واقعی در سال‌های انتهایی دهه ۱۳۸۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۹۰؛ افزایش در نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی در سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۷۰، سال‌های انتهایی دهه ۱۳۸۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۹۰ و علاوه بر همه این‌ها، نوسانات رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی بالاخص در سال‌های ابتدایی دو دهه ۱۳۷۰ و ۱۳۹۰ در ارتباط می‌باشند. در این شرایط، به نظر می‌رسد که برآورد مدل پیشنهادی تحقیق، قادر به شناسایی مناسب بحران‌های ارزی در ایران بوده و در این صورت، عملکرد مناسبی در پیش‌بینی این بحران‌ها داشته باشد.



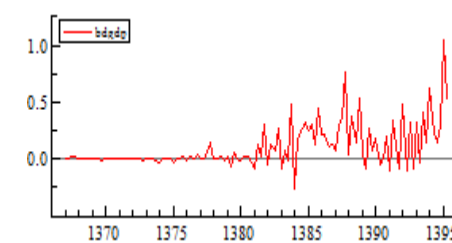
نمودار ۲: روند شاخص فشار بازار ارز در ایران



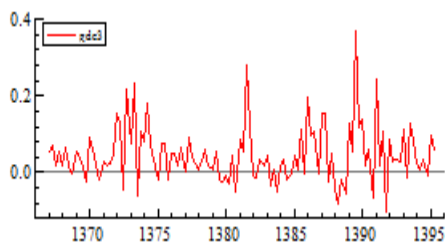
نمودار ۱: روند متغیر رشد نرخ ارز بازار آزاد در ایران



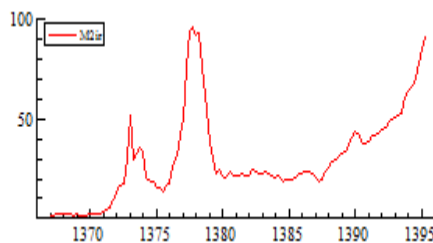
نمودار ۴: روند متغیر نرخ تورم در ایران



نمودار ۳: روند متغیر نسبت کسری بودجه به  $GDP$  واقعی در ایران



نمودار ۶: روند متغیر رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی در ایران



نمودار ۵: روند متغیر نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی در ایران

منبع: نگارندگان

#### ۴- یافته‌های تحقیق

گام اول در استفاده از سری زمانی متغیرهای این تحقیق جهت طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در رویکرد تغییر رژیم مارکوف، تعیین درجه انباشتگی (تعداد ریشه‌های واحد) این متغیرها برای اطمینان از عدم وقوع رگرسیون جعلی می‌باشد. به همین منظور، در این تحقیق برای تعیین درجه انباشتگی متغیرهای تحقیق از آزمون‌های دیکی- فولر تعمیم‌یافته<sup>۱</sup> (۱۹۸۱)، زیوت و اندروز<sup>۲</sup> (۱۹۹۲) با لحاظ یک شکست ساختاری درون‌زا و لی و استرازیسیچ<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) با لحاظ دو شکست ساختاری درون‌زا استفاده می‌شود. همچنین، به دلیل استفاده از داده‌های فصلی متغیرهای معرفی شده و با وجود تعدیل فصلی این متغیرها<sup>۴</sup>، به منظور اطمینان از عدم وجود ریشه‌های واحد فصلی (در تناوب‌های دو و چهار فصلی) از رویکرد هگی<sup>۵</sup> (۱۹۹۰) استفاده می‌گردد. نتایج حاصل از این آزمون‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود، متغیرهای  $MPI$ ،  $ggdp$ ،  $goilr$ ،  $inf$ ،  $irid$  و  $gdc$  با توجه به همه آزمون‌های ارائه شده  $I(0)$  هستند. البته، اگر چه دو متغیر  $m2ir$  و  $bdgdp$  بر اساس آزمون برخی از آزمون‌ها،  $I(0)$  نیستند اما پس از در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری احتمالی در این متغیرها در فرآیند آزمون،  $I(0)$  بودن آنها نیز مورد تأیید قرار گرفت. علاوه بر این، با توجه به

۱. Augmented Dickey- Fuller (ADF) (1981)

۲. Zivot & Andrews (ZA) (1992)

۳. Lee & Strazich (LS) (2003)

۴. با توجه به تمایل این تحقیق در بررسی روابط بین اجزاء اساسی روند متغیرهای مورد مطالعه، تمام متغیرهای مورد نظر این تحقیق به منظور حذف تغییرات فصلی ادواری و استخراج جزء اساسی روند این سری‌ها، با روش  $X-11$  تعدیل فصلی شده‌اند.

۵. HEGY (Hylleberg, S., Engle, R. F., Granger, C. W. J. & Yoo, B. S) (1990)



جدول ۳: آزمون‌های ریشه واحد متغیرهای تحقیق

HEGY			LS	ZA	ADF	سطح آزمون	متغیر
F4	F2	F0					
۱۳/۶۳°	-۴/۳۳°	-۴/۷۲°	-۷/۵۸°	-۶/۲۴°	-۴/۸۶°	سطح	شاخص فشار بازار ارز (MPI)
۲۲/۴۷°	-۳/۹۹°	-۷/۲۶°	-۱۱/۸°	-۱۰/۲°	-۹/۸۹°	تفاضل مرتبه اول	
۳۴/۵۷°	-۶/۰۲°	-۵/۱۲°	-۱۱/۴°	-۱۲/۲°	-۱۱/۸°	سطح	رشد تولید صنعتی (gind)
۱۷/۰۰°	-۳/۴۲°	-۴/۵۲°	-۱۴/۷°	-۷/۷۸°	-۱۴/۸°	تفاضل مرتبه اول	
۲۱/۵۹°	-۵/۹۵°	-۳/۶°	-۶/۸۵°	-۵/۵°	-۴/۶۴°	سطح	رشد تولید ناخالص داخلی واقعی (ggdp)
۹/۱۴۵°	-۳/۴°	-۴/۳°	-۱۲/۲°	-۹/۱۱°	-۱۹/۷۸°	تفاضل مرتبه اول	
۳۹/۱۰°	-۵/۹۰°	-۴/۱°	-۱۶/۲°	-۵/۵°	-۱۱/۹۱°	سطح	رشد درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت (goilr)
۲۷/۱۷°	-۴/۹۸°	-۷/۲۱°	-۱۰/۱°	-۱۱/۲°	-۱۶/۱۰°	تفاضل مرتبه اول	
۳۷/۴۶°	-۶/۲۴°	-۳/۵°	-۶/۰۴°	-۸/۱۳°	-۶/۱۵°	سطح	نسبت درآمدهای ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی (oilrir)
۳۷/۵۸°	-۶/۶۱°	-۷/۹۸°	-۸/۸۰°	-۹/۲۱°	-۱۰/۸۸°	تفاضل مرتبه اول	
۵۵/۱۸°	-۶/۵۵°	-۳/۸°	-۶/۳۰°	-۵/۵°	-۴/۸۷°	سطح	نرخ تورم (inf)
۴۳/۰۷°	-۴/۲۲°	-۶/۳۲°	-۷/۸۰°	-۷/۶۵°	-۱۴/۵۷°	تفاضل مرتبه اول	
۲۵/۹۲°	-۳/۸۶°	-۳/۷°	-۵/۵°	-۵/۷۱°	-۲/۳°	سطح	نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی (irid)
۲۹/۷۷°	-۳/۷۸°	-۳/۸°	-۷/۵۹°	-۵/۸۲°	-۴/۶۵°	تفاضل مرتبه اول	
۳۱/۹۵°	-۳/۸۰°	-۱/۸۵	-۶/۱۷°	-۵/۰°	-۲/۹۳	سطح	نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی (m2ir)
۳۶/۴۵°	-۳/۷°	-۵/۲۲°	-۷/۴۰°	-۶/۸۷°	-۶/۲۷°	تفاضل مرتبه اول	
۴۸/۱۰°	-۵/۰°	-۵/۳۹°	-۷/۱۰°	-۶/۱۹°	-۸/۲۴°	سطح	رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی (gdc)
۲۴/۱۳°	-۴/۸۴°	-۵/۳۲°	-۱۰/۱°	-۸/۳۷°	-۱۸/۲۲°	تفاضل مرتبه اول	
۳۲/۲۳°	-۶/۲۴°	-۱/۴۰	-۶/۴۸°	-۵/۰۶	-۳/۶۴°	سطح	نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی واقعی (bdgdp)
۳۲/۱۱°	-۶/۴۹°	-۷/۷۴°	-۱۳/۴°	-۹/۷۹°	-۷/۸۸°	تفاضل مرتبه اول	

منبع: یافته‌های تحقیق

**توضیحات:** در تمام آزمون‌ها، آماره‌های آزمون برآوردی با علامت‌های \* و \*\* به ترتیب بیانگر مانایی متغیرها در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد بر اساس مقادیر بحرانی مربوطه می‌باشند. آماره‌های آزمون مربوط به آزمون‌های ADF، ZA و LS در حالت وجود عرض از مبدأ و روند زمانی و آماره‌های آزمون مربوط به آزمون HEGY در حالت وجود عرض از مبدأ، روند زمانی و متغیرهای مجازی فصلی محاسبه شده‌اند. موارد مشخص شده با علامت †، انجام آزمون با وجود عرض از مبدأ و بدون روند زمانی می‌باشد. ستون‌های F0، F2، F4 در رویکرد HEGY به ترتیب آماره‌های آزمون در تناوب‌های صفر، دو فصلی و چهار فصلی را نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده از آزمون هگی، همه این متغیرها دارای درجه انباشتگی  $I(0,0,0)$  هستند. به عبارت دیگر، هیچ یک از این متغیرها دارای ریشه واحد در تناوب صفر و ریشه واحد فصلی (در تناوب‌های دو فصلی و چهار فصلی) نبوده و می‌توان با داده‌های فصلی همانند داده‌های سالانه رفتار کرد. همچنین، تفاضل مرتبه اول همه متغیرها مانا می‌باشد. در این شرایط، می‌توان بدون نیاز به هیچگونه تبدیلی در متغیرها، از رویکرد تغییر رژیم مارکوف استفاده نمود. بر همین اساس، نتایج حاصل از تخمین ضرایب سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در ایران، در دوره‌های آرامش

و بحران (وضعیت‌های صفر و یک)، بر اساس رویکرد تغییر رژیم مارکوف را می‌توان در جدول ۴ مشاهده نمود.

جدول ۴: تخمین سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در دوره‌های آرامش و بحران

متغیرهای توضیحی	ضریب	انحراف معیار	آماره t	Prob
Trend	-۰/۰۰۱۵	۹/۱۲e-۰۵	-۱۶/۰	۰/۰۰۰
Constant[۰]	۰/۰۵۹۷	۰/۰۰۱۷	۳۴/۴	۰/۰۰۰
Constant[۱]	-۰/۰۸۰۹	۰/۰۴۸۱	-۱/۶۸	۰/۰۹۷
MPI(-۱)[۰]	-۰/۳۶۰۶	۰/۰۰۱۹	-۱۹۴	۰/۰۰۰
MPI(-۱)[۱]	۰/۴۵۷۲	۰/۰۶۳۸	۷/۱۶	۰/۰۰۰
MPI(-۲)[۰]	-۰/۱۷۹۰	۰/۰۰۳۰	-۵۸/۹	۰/۰۰۰
MPI(-۲)[۱]	۰/۳۴۱۱	۰/۰۶۲۰	۵/۵۱	۰/۰۰۰
MPI(-۳)[۰]	-۰/۲۷۷۸	۰/۰۰۱۳	۲۱۶	۰/۰۰۰
MPI(-۳)[۱]	۰/۰۰۰۸	۰/۰۷۹۰	۰/۰۱	۰/۹۹۲
MPI(-۴)[۰]	۰/۰۹۶۲	۰/۰۰۱۷	۵۵/۹	۰/۰۰۰
MPI(-۴)[۱]	-۰/۰۳۶۷	۰/۰۸۰۸	-۰/۴۵	۰/۶۵۱
MPI(-۵)[۰]	-۰/۶۲۸۲	۰/۰۰۵۴	-۱۱۶	۰/۰۰۰
MPI(-۵)[۱]	۰/۰۵۶۴	۰/۰۵۵۴	۱/۰۲	۰/۳۱۱
MPI(-۶)[۰]	-۰/۱۶۴۲	۰/۰۰۵۴	-۳/۴	۰/۰۰۰
MPI(-۶)[۱]	-۰/۰۸۹۱	۰/۰۴۲۷	-۲/۰۹	۰/۰۴۱
gind[۰]	-۰/۳۵۱۹	۰/۰۱۱۵	-۳۰/۶	۰/۰۰۰
gind[۱]	-۰/۴۵۱۴	۰/۲۱۱۵	-۲/۱۳	۰/۰۳۶
ggdp[۰]	-۰/۵۹۳۶	۰/۰۲۵۳	-۲۳/۴	۰/۰۰۰
ggdp[۱]	-۰/۰۵۴۱	۰/۵۲۴۴	-۰/۱۰	۰/۹۱۸
goilr[۰]	-۰/۱۰۳۶	۰/۰۰۰۵	-۲۰۹	۰/۰۰۰
goilr[۱]	۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۰۹	۵/۲۳	۰/۰۰۰
oilrir[۰]	-۰/۶۳۲۲	۰/۰۰۱۴	-۴۴۰	۰/۰۰۰
oilrir[۱]	-۰/۰۶۱۵	۰/۰۲۵۱	-۲/۴۵	۰/۰۱۷
inf[۰]	۰/۳۶۰۸	۰/۰۲۰۸	۱۷/۳	۰/۰۰۰
inf[۱]	۱/۸۰۵۶	۰/۶۰۴۹	۲/۹۸	۰/۰۰۴
irid[۰]	۰/۰۲۲۸	۰/۰۰۰۲	۱۰۲	۰/۰۰۰
irid[۱]	۰/۰۲۳۵	۰/۰۰۶۳	۳/۷۱	۰/۰۰۰
m2ir[۰]	۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۱۷	۱۶۷	۰/۰۰۰
m2ir[۱]	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۷	۱/۸۸	۰/۰۶۴
gdc[۰]	-۰/۰۱۲۲	۹/۷۲e-۰۵	-۱۲۸	۰/۰۰۰
gdc[۱]	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۱۵	۲/۶۲	۰/۰۱۱
bdgdp[۰]	۰/۰۸۰۴	۰/۰۰۴۰	۲۰/۲	۰/۰۰۰
bdgdp[۱]	۰/۰۵۷۶	۰/۰۶۷۵	۰/۸۵	۰/۳۹۶
sigma[۰]	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۳	۳/۳۴	۰/۰۰۱
sigma[۱]	۰/۰۸۴۶	۰/۰۰۹۴	۹/۰۴	۰/۰۰۰

البته، در این مورد باید توجه داشت که برای تعیین تعداد وقفه‌های بهینه متغیر وابسته و سایر متغیرها و انتخاب مناسب‌ترین مدل در این زمینه، از معیار اطلاعات آکائیک (AIC) استفاده شده است به طوری که مدل مورد نظر تحقیق در بین سایر حالت‌ها دارای کمترین مقدار از این معیار بوده است. علاوه بر این، پیش از ملاحظه و تفسیر نتایج به دست آمده، می‌بایست به آزمون فرضیه مناسب بودن مدل غیر خطی تخمین زده شده در مقابل فرضیه خطی بودن این مدل پرداخت. در واقع، با استفاده از این آزمون بررسی می‌کنیم که آیا با مدل غیر خطی برآوردی در مقایسه با یک مدل خطی به قدرت توضیح‌دهندگی بیشتری دست یافته‌ایم یا خیر. برای این منظور، از آزمون نسبت راستمایی (LR) پیشنهاد شده توسط آنج و بکرت<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) استفاده می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمون، با توجه به آماره  $\chi^2$  محاسبه شده و ارزش احتمال آن به صورت  $\text{prob} = 0/000 = 226/78 = \chi^2(19)$ ، می‌توان نتیجه گرفت که در سطح اطمینان ۹۹ درصد استفاده از رویکرد غیر خطی تغییر رژیم مارکوف برای تخمین ضرایب سیستم هشدار زودهنگام مورد نظر تحقیق مناسب‌تر از بکارگیری یک مدل خطی می‌باشد. همچنین، همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بنا بر نتایج به دست آمده، جملات اخلاص مدل طراحی شده، نرمال بوده و عاری از خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس می‌باشد.

جدول ۵: آزمون‌های تشخیصی مدل هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی

نوع آزمون	آماره آزمون	مقدار آماره آزمون	Prob
خودهمبستگی Ljung-Box Portmanteau Test	$\chi^2(12)$	۵/۴۸۰	۰/۹۴۰۰
ناهمسانی واریانس ARCH Test	$F(4,62)$	۰/۶۴۱۳	۰/۶۳۵۰
نرمال بودن Jarque-Bera Test	$\chi^2(2)$	۰/۶۱۷۳	۰/۷۳۴۴

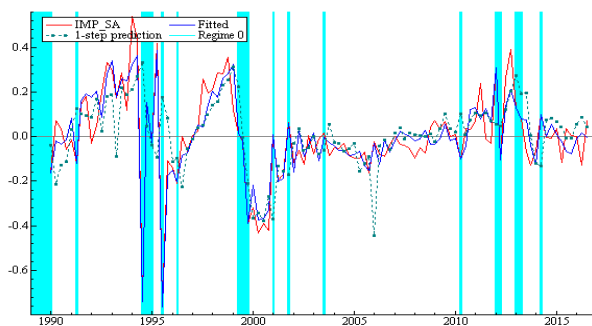
منبع: یافته‌های تحقیق

در این شرایط، با توجه به مدل مناسب برآوردی می‌توان مشاهده نمود که متغیرهای نرخ تورم (inf)، نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی (irid)، نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی (m2ir)، رشد درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت (goilr) و رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی (gdc) در دوره آرامش اثرات مثبت و معنی‌داری بر شاخص فشار بازار ارز و تشدید احتمال بروز بحران ارزی در دوره زمانی مورد بررسی داشته‌اند

<sup>۱</sup>. Ang & Bekaert (2002)

در حالی که متغیرهای نسبت درآمد ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی ( $oilrir$ ) و رشد تولید صنعتی ( $gind$ ) در این دوره‌های آرامش، اثرات منفی و معنی‌دار بر این شاخص بر جای گذاشته و به عبارت دیگر، به جلوگیری از وقوع بحران ارزی کمک کرده‌اند. همچنین، بر اساس این نتایج، در صورت بروز یک بحران ارزی، متغیرهای نرخ تورم ( $inf$ )، نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی ( $irid$ )، نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی ( $m2ir$ ) و نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی واقعی ( $bdgdp$ ) با اثرات مثبت و معنی‌دار بر شاخص فشار بازار ارز، یک چنین بحران‌هایی را تشدید می‌نمایند. البته، در صورت وقوع یک بحران ارزی، متغیرهای نسبت درآمد ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی ( $oilrir$ )، رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی ( $gdc$ )، رشد تولید صنعتی ( $gind$ ) و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی ( $ggdp$ ) به بهبود شرایط بحرانی کمک خواهند نمود. در کنار همه این موارد، همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشتر ضرایب مربوط به وقفه‌های متغیر شاخص فشار بازار ارز در هر دو رژیم (و بالاخص در دوره بحرانی) معنی‌دار می‌باشند. این ضرایب معنی‌دار می‌تواند حاوی اطلاعات با اهمیتی در مورد اثرات نوع نظام ارزی و تغییرات ایجاد شده در آن (به عنوان مثال، بکارگیری یک نرخ ارز میخکوب و میزان توانایی بانک مرکزی در حفظ آن) بر وقوع بحران‌های ارزی باشد. در این شرایط و بر اساس نتایج به دست آمده، در دوره آرامش، تورم مهمترین شاخص هشدار دهنده و همچنین، مهمترین عامل افزایش احتمال وقوع بحران ارزی<sup>۱</sup> و رشد تولید صنعتی مهمترین عامل کاهش احتمال وقوع این بحران بوده و در دوره بحران، تورم مهمترین عامل تشدید کننده بحران و نسبت درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت به ذخایر ارزی بانک مرکزی و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی به ترتیب مهمترین عوامل در بهبود شرایط بحرانی می‌باشند. البته، لازم به ذکر است که اثرگذاری شاخص‌های پیشروی مورد بررسی در دوره‌های آرامش و بحران نامتقارن است. همچنین، بر اساس این نتایج، باید توجه داشت که واریانس جزء اختلال در دو رژیم مورد بحث متفاوت بوده و در دوره آرامش از نوسان بیشتری نسبت به دوره بحران برخوردار است. در کنار این نتایج، نمودار ۷، عملکرد پیش‌بینی درون نمونه‌ای مدل تحقیق و یا به عبارت دیگر، قدرت برازش مدل بر آوردی را ارائه می‌نماید.

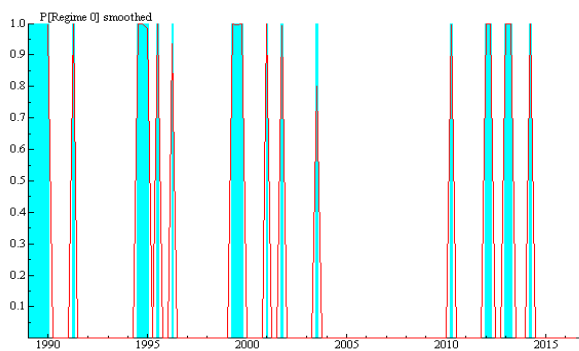
۱. یک درصد افزایش در نرخ تورم به ترتیب منجر به ۰/۰۱۸ و ۰/۰۳۶ واحد افزایش در شاخص فشار بازار ارز در دوره‌های آرامش و بحران می‌شود.



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۷: عملکرد پیش‌بینی درون نمونه‌ای سیستم هشدار زودهنگام طراحی شده

برای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی یک سیستم هشدار زودهنگام، می‌بایست مقادیر پیش‌بینی شده متغیر وابسته سیستم با مقادیر واقعی آن مقایسه شوند. همان طور که از نمودار ۷ مشاهده می‌شود، این مدل از عملکرد پیش‌بینی درون نمونه‌ای مناسبی برخوردار بوده و به نحو مناسبی نوسانات و بحران‌های ارزی را در اقتصاد ایران پیش‌بینی می‌نماید. بر همین اساس، نمودار ۸، احتمال وقوع بحران ارزی در هر یک از سال‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، در دوره‌هایی که احتمال محاسبه شده وقوع بحران از سطح آستانه ۵۰٪ فراتر رود، اختار وقوع بحران ارزی صادر می‌شود.



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۸: احتمال وقوع بحران ارزی در اقتصاد ایران

در این شرایط و با توجه به احتمالات محاسبه شده در خصوص بحران ارزی، جدول ۶، سال‌های قرار گرفتن در هر یک از رژیم‌ها و یا به عبارت دیگر، سال‌های وقوع بحران و نیز دوره‌های آرامش را در اقتصاد ایران نشان می‌دهد.

جدول ۶: سال‌های وقوع بحران ارزی و دوره‌های آرامش در اقتصاد ایران

رژیم صفر (وضعیت بحرانی)	۱۳۶۸(۰۴)-۱۳۷۰(۰۱); ۱۳۷۳(۰۴)-۱۳۷۴(۰۲); ۱۳۷۴(۰۲); ۱۳۷۵(۰۱); ۱۳۷۸(۰۳)-۱۳۷۹(۰۴); ۱۳۸۰(۰۳); ۱۳۸۲(۰۲); ۱۳۸۹(۰۱); ۱۳۹۰(۰۴)-۱۳۹۱(۰۱); ۱۳۹۱(۰۴)-۱۳۹۲(۰۱); ۱۳۹۳(۰۱)
رژیم یک (وضعیت آرامش)	۱۳۶۹(۰۱)-۱۳۶۹(۰۴); ۱۳۷۰(۰۲)-۱۳۷۳(۰۱); ۱۳۷۴(۰۱); ۱۳۷۴(۰۳)-۱۳۷۴(۰۴); ۱۳۷۵(۰۲)-۱۳۷۷(۰۴); ۱۳۷۸(۰۴)-۱۳۷۹(۰۳); ۱۳۸۰(۰۱)-۱۳۸۰(۰۲); ۱۳۸۰(۰۴)-۱۳۸۲(۰۱); ۱۳۸۲(۰۳)-۱۳۸۸(۰۴); ۱۳۹۰(۰۱)-۱۳۹۰(۰۳); ۱۳۹۱(۰۲)-۱۳۹۱(۰۳); ۱۳۹۲(۰۲)-۱۳۹۲(۰۴); ۱۳۹۳(۰۲)-۱۳۹۵(۰۲)

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که از جدول ۶ مشاهده می‌شود، سیستم طراحی شده ضمن صدور هشدار بحران، به‌طور مناسبی سال‌های وقوع بحران در اقتصاد ایران را شناسایی نموده است. جدول ۷ نیز ویژگی‌های هر یک از دو رژیم مورد نظر را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، رژیم یک پایدارتر از رژیم صفر می‌باشد چرا که در صورت قرار داشتن اقتصاد کشور در شرایط آرامش، این دوران به‌طور متوسط ۶/۷۷ فصل به طول خواهد انجامید. اما اگر اقتصاد گرفتار بحران ارزی باشد، این دوران بحرانی به‌طور متوسط ۱/۴۶ فصل به طول می‌انجامد. همچنین، با احتمال ۸۲/۲۴ درصد اقتصاد کشور در شرایط آرامش قرار خواهد داشت.

جدول ۷: ویژگی رژیم‌های صفر و یک در سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی

نوع رژیم	تعداد فصل‌های قرار گرفته در هر رژیم	احتمال قرار گرفتن در هر رژیم	میانگین فصل‌های قرار گرفته در هر رژیم
رژیم صفر	۱۹	٪۱۷/۷۶	۱/۴۶
رژیم یک	۸۸	٪۸۲/۲۴	۶/۷۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۸ نیز احتمال باقی ماندن در یک رژیم و همچنین، احتمال انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این جدول مشاهده می‌شود، رژیم یک پایدارتر از رژیم صفر می‌باشد، چرا که در صورت قرار داشتن در رژیم یک، احتمال باقی ماندن در این رژیم ۸۶ درصد و احتمال انتقال به رژیم صفر، ۱۴ درصد خواهد بود. در حالی که در صورت قرار داشتن در رژیم

صفر، احتمال باقی ماندن در این رژیم بیش از ۵۰ درصد و احتمال انتقال به رژیم یک نیز در حدود ۵۰ درصد می‌باشد.

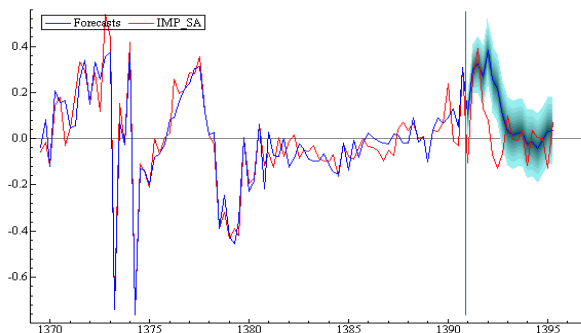
جدول ۸: احتمالات انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر

	رژیم صفر	رژیم یک
رژیم صفر	۰/۵۰۲۳ (۴/۳۱)	۰/۱۳۶۵ (۳/۴۰)
رژیم یک	۰/۴۹۷۷ (۴/۳۱)	۰/۸۶۳۵ (۳/۴۰)

منبع: یافته‌های تحقیق

توضیحات: ارقام داخل پرانتز آماره‌های t مربوط به احتمالات انتقال محاسبه شده هستند.

در نهایت، تلاش گردید تا عملکرد پیش‌بینی خارج از نمونه این مدل نیز مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور، ابتدا این مدل در یک دوره زمانی کوتاه‌تر (تا فصل چهارم سال ۱۳۹۰) مورد برازش قرار گرفته و بعد از پیش‌بینی مقادیر متغیر وابسته تا انتهای دوره، عملکرد پیش‌بینی مدل در فاصله زمانی ۱۳۹۵:۰۲-۱۳۹۱:۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی را می‌توان در نمودار ۹ مشاهده نمود.



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۹: عملکرد پیش‌بینی خارج از نمونه سیستم هشدار زودهنگام طراحی شده

همان‌طور که از این نمودار مشاهده می‌شود، این سیستم هشدار زودهنگام، بحران ارزی سال ۱۳۹۱ و نوسانات پس از این بحران در بازار ارز را به خوبی پیش‌بینی نموده است. در این شرایط، نتایج ارائه شده در بالا نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده به میزان زیادی عوامل تعیین‌کننده بحران‌های ارزی را در ایران تبیین نموده و توانایی بالایی در شناسایی این بحران‌ها در دوره زمانی

مورد بررسی داشته است. همچنین، این سیستم عملکرد مناسبی در پیش‌بینی بحران‌های ارزی پیش رو خواهد داشت.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

وقوع بحران‌های ارزی هزینه‌های سنگینی را بر اقتصاد کشورها تحمیل می‌کند. به همین علت، در سال‌های اخیر، طراحی سیستم‌هایی جهت هشدار زودهنگام این بحران‌ها توسعه یافت تا بتوان با شناسایی زودهنگام این بحران‌ها و فراهم نمودن زمان کافی برای سیاست‌گذاران، از وقوع یک چنین بحران‌هایی جلوگیری نمود. این پژوهش نیز تلاش نمود تا با بکارگیری داده‌های فصلی اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۷ و با استفاده از رویکرد تغییر رژیم مارکوف، ضمن طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در اقتصاد ایران، در قالب همین سیستم، به شناسایی درون‌زای بحران‌های به وقوع پیوسته در دوره مورد بررسی و پیش‌بینی بحران‌های آتی پرداخته و عوامل مؤثر بر ایجاد و تشدید این بحران‌ها را نیز، به طور جداگانه، در دوره‌های آرامش و بحران شناسایی نماید. در همین راستا و بر اساس نتایج به دست آمده، سیستم طراحی شده توانایی بالایی در شناسایی این بحران‌ها در دوره زمانی مورد بررسی و پیش‌بینی بحران‌های آتی در اقتصاد ایران داشته است. همچنین، با توجه به این نتایج، در دوره‌های آرامش، افزایش در نرخ تورم، نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی، نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، رشد درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت و رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی احتمال بروز بحران‌های ارزی را تشدید می‌نماید؛ در حالی که، افزایش در نسبت درآمد ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و رشد تولید صنعتی در این دوره‌ها، به جلوگیری از وقوع یک بحران ارزی کمک خواهد نمود. همچنین، در صورت بروز یک بحران ارزی، افزایش در نرخ تورم، نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی، نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی واقعی یک چنین بحران‌هایی را تشدید نموده و افزایش در نسبت درآمد ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، رشد اعتبارات داخلی بانک مرکزی، رشد تولید صنعتی و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی به بهبود شرایط بحرانی کمک خواهد نمود. علاوه بر این، بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، در دوره آرامش، تورم مهم‌ترین شاخص هشدار دهنده و همچنین، مهم‌ترین عامل افزایش احتمال وقوع بحران ارزی و رشد تولید صنعتی مهم‌ترین عامل کاهش



احتمال وقوع این بحران بوده و در دوره بحران، تورم مهمترین عامل تشدید کننده بحران و نسبت درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت به ذخایر ارزی بانک مرکزی و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی به ترتیب مهمترین عوامل در بهبود شرایط بحرانی می‌باشند.

بنابراین، می‌توان مشاهده نمود که وقوع بحران‌های ارزی و تشدید شرایط بحرانی در اقتصاد ایران با مجموعه‌ای از عدم تعادل‌های اقتصاد کلان مرتبط است. این عدم تعادل‌ها و مشکلات موجود در بخش‌های پولی، مالی و خارجی و همچنین، وابستگی کشور به درآمدهای نفتی زمینه وقوع بحران‌های ارزی و تشدید آن‌ها را در اقتصاد ایران فراهم نموده‌اند. البته، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که می‌توان با بکارگیری ابزارها و سیاست‌هایی نظیر سیاست‌های مهار تورم، تقویت و مدیریت مناسب منابع ارزی کشور، کنترل حجم نقدینگی و مدیریت اعتبارات داخلی بانک مرکزی، تقویت تولیدات صنعتی و تولید ناخالص داخلی کشور و کنترل کسری بودجه دولت به مقابله با وقوع احتمالی بحران‌های ارزی و همچنین کنترل شرایط بحرانی در صورت وقوع یک بحران ارزی در ایران پرداخت.

## منابع و مأخذ

۱. ابراهیمی، ایلناز. و توکلیان، حسین (۱۳۹۱). "طراحی یک سامانه هشداردهی زود هنگام بحران‌های ارزی در ایران با استفاده از رویکرد مارکوف سوئیچینگ". مجموعه مقالات بیست و دومین همایش سالانه سیاست‌های پولی و ارزی پژوهشکده پولی و بانکی، ۱۹-۱.
۲. صیادنیا طیبی، عزت‌اله. شجری، هوشنگ. صمدی، سعید. و ارشدی، علی (۱۳۸۹). "تبیین یک سیستم هشداردهنده جهت شناسایی بحران‌های مالی در ایران". فصلنامه پول و اقتصاد ۲(۶): ۲۱۱-۱۶۹.
۳. عرفانی، علیرضا (۱۳۸۵). "بحران پول رایج و اقتصاد ایران: یک سیستم هشدار پیش از وقوع". فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ۶(۴): ۶۶-۴۷.
۴. مطهری، محب‌اله. لطفعلی‌پور، محمدرضا. و احمدی شادمهری، محمدطاهر (۱۳۹۴). "ارائه یک الگوی هشدار پیش از وقوع نوسانات ارزی در بازار ارز ایران: روش مارکوف سوئیچینگ گارچ". فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد ۲(۴): ۹۲-۷۱.
۵. نصراللهی، محمد. یاوری، کاظم. نجارزاده، رضا. و مهرگان، نادر (۱۳۹۵). "طراحی یک سیستم هشدار زود هنگام بحران‌های ارزی در ایران: رویکرد رگرسیون لجستیک". تحقیقات اقتصادی ۵۲(۱): ۲۱۴-۱۸۷.
6. Abiad, A.G. (2003). "Early Warning Systems: A Survey and a Regime-Switching Approach". IMF Working Paper 03-32, Washington. DC.
7. Al-Assaf, G. (2017). "An Early Warning System for Currency Crisis: A Comparative Study for the Case of Jordan and Egypt". International Journal of Economics and Financial Issues 7(3): 43-50.
8. Ang, A. & Bekaert, G. (2002). "Regime Switches in Interest Rates". Journal of Business & Economic Statistics. American Statistical Association. 20: 163-182.
9. Ari, A. (2012). "Early Warning Systems for Currency Crises: The Turkish Case". Economic Systems 36: 391-410.
10. Ari, A. & Cergibozan, R. (2018). "Currency Crises in Turkey: An Empirical Assessment". Research in International Business and Finance <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.04.001>.
11. Arias, G. & Erlandsson, U.G. (2004). "Regime Switching as an Alternative Early Warning System of Currency Crises: an Application to South-East Asia". Lund University Working Paper.
12. Aziz, J. Caramazza, F. & Salgado, R. (2000). "Currency Crises: In Search of Common Elements". IMF Working Paper 00-67. Washington. DC.

13. Babecký, J. Havránek, T. Matějů, J. Rusnák, M. Šmídková, K. & Vašíček, B. (2013). "Leading Indicators of Crisis Incidence: Evidence from Developed Countries". Journal of International Money and Finance **35**(1): 1-19.
14. Babecký, J. Havránek, T. Matějů, J. Rusnák, M. Šmídková, K. & Vašíček, B. (2014). "Banking, Debt, and Currency Crises in Developed Countries: Stylized facts and Early Warning Indicators". Journal of Financial Stability **15**: 1-17.
15. Berg, A. & Pattillo, C. (1999). "Predicting Currency Crises: The Indicators Approach and an Alternative". Journal of International Money and Finance **18**: 561-586.
16. Berg, J.B. Candelon, B. & Urbain, J.P. (2008). "A Cautious Note on the Use of Panel Models to Predict Financial Crises". Economics Letters **101**(1): 80-83.
17. Bilson, J.F.O. (1979). "Leading Indicators of Currency Devaluations". Columbia Journal of World Business **14**: 62-76.
18. Boinet, V. Napolitano, O. & Spagnolo, N. (2005). "Was Currency Crisis in Argentina Self-fulfilling?". Review of World Economics **141**: 357-368.
19. Boonman, T.M. Jacobs, J. P.A.M. Kuper, G.H. & Romero, A. (2017). "Early Warning Systems for Currency Crises with Real-Time Data". CIRANO Working Papers **18**: 1-29.
20. Brunetti, C. Mariano, R.S. Scotti, C. & Tan, A.H. (2007). "Markov Switching Garch Models of Currency Turmoil in Southeast Asia". Federal Reserve Board. International Finance Discussion Papers 889.
21. Bussiere, M. & Fratzscher, M. (2006). "Towards a New Early Warning System of Financial Crises". Journal of International Money and Finance **25**(6): 953-973.
22. Bussiere, M. (2007). "Balance of Payment Crises in Emerging Markets: How Early Were the 'Early' Warning Signals?". European Central Bank Working Paper 713. Frankfurt/Main.
23. Caramazza, F. Ricci, L. & Salgado, R. (2000). "Trade and Financial Contagion in Currency Crises". IMF Working Paper 00-55. Washington. DC.
24. Cerra, V. & Saxena, S.C. (2002). "Contagion, Monsoons, and Domestic Turmoil in Indonesia's Currency Crisis". Review of International Economics **10**: 36-44.
25. Chang, R. & Velasco, A. (1998). "Financial Crises in Emerging Markets: A Canonical Model". New York University Economic Research Reports 98-21. New York.

26. Cipollini, A. Mouratidis, K. & Spagnolo, N. (2008). "Evaluating Currency Crises: the Case of the European Monetary System". Empirical Economics **35**: 11-27.
27. Comelli, F. (2016). "Comparing the Performance of Logit and Probit Early Warning Systems for Currency Crises in Emerging Market Economies". Journal of Banking and Financial Economics **2(6)**:5-22.
28. Dickey, D. & Fuller, W. (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root". Econometrica **49**: 1057-1072.
29. Edison, H.J. (2003). "Do Indicators of Financial Crises Work? An Evaluation of an Early Warning System". International Journal of Finance and Economics **8**: 11-53.
30. Eichengreen, B. Rose, A. & Wyplosz, C. (1995). "Exchange Market Mayhem: The Antecedents and Aftermath of Speculative Attacks". Economic Policy **21**: 249-312.
31. Feridun, M. (2008). *Exchange Market Pressure and Currency Crises in Turkey: An Empirical Investigation*, Unpublished PhD Thesis, Loughborough University. UK.
32. Flood, R.P. & Garber, P.M. (1984). "Collapsing Exchange Rate Regimes: Some Linear Examples". Journal of International Economics **17**: 1-13.
33. Ford, J. Santoso, B. & Horsewood, N. (2007). "Asian Currency Crises: Do Fundamentals Still Matter? A Markov Switching Approach to Causes and Timing". Discussion Papers 07-07. Department of Economics. University of Birmingham.
34. Frankel, J.A. & Rose, A.K. (1996). "Currency Crashes in Emerging Markets: An Empirical Treatment". Journal of International Economics **41(3-4)**: 351-366.
35. Frankel, J.A. & Saravelos, G. (2012). "Can Leading Indicators Assess Country Vulnerability? Evidence from the 2008–09 Global Financial Crisis". Journal of International Economics **87(2)**: 216-231.
36. Fratzscher, M. (2003). "On Currency Crises and Contagion". International Journal of Finance and Economics **8(2)**: 109-129.
37. Fuertes, A.M. & Kalotychou, E. (2007). "Optimal Design of Early Warning Systems for Sovereign Debt Crises". International Journal of Forecasting **23(1)**: 85-100.
38. Goldfeld, S.M. & Quandt, R.E. (1973). "A Markov Model for Switching Regressions". Journal of Econometrics **1**: 3-16.
39. Hamilton, J.D. (1989). "A New Approach to the Economic Analysis of Non-Stationary Time Series and the Business Cycle". Econometrica **57**: 357-384.

40. Hylleberg, S. Engle, R.F. Granger, C.W.J. & Yoo, B.S. (1990). "Seasonal Integration and Cointegration". Journal of Econometrics **44**: 215-238.
41. Kaminsky, G.L. & Reinhart, C.M. (1999). "The Twin Crises: The Causes of Banking and Balance-of-Payments Problems". American Economic Review **89**(3): 473-500.
42. Kaminsky, G.L. Lizondo, S. & Reinhart, C.M. (1998). "The Leading Indicators of Currency Crises". IMF Staff Papers **45**(1): 1-48.
43. Krugman, P. (1979). "A Model of Balance-of-Payments Crises". Journal of Money, Credit and Banking **11**(3): 311-325.
44. Krugman, P. (1998). *What Happened to Asia?* Mimeo. MIT, Cambridge, MA.
45. Krugman, P. (1999). "Balance Sheets, the Transfer Problem, and Financial Crises". International Tax and Public Finance **4**: 459-472.
46. Kumar, M. Moorthy, U. & Perraudin, W. (2003). "Predicting Emerging Market Currency Crashes". Journal of Empirical Finance **10**: 427-454.
47. Lee, J. & Strazicich, M. (2003). "Minimum LM Unit Root Test with Two Structural Breaks". The Review of Economics and Statistics **85**(4): 1082-1089.
48. Li, Q. & Inclan, M. (2001). "Fundamentals, Expectations, Institutions, and Currency Crisis". Prepared for Presentation at the Annual Meeting of the American Political Science Association, 20.
49. Mariano, R.S. Abiad, A. Glutekin, B.N. Shabbir, T. & Tan, A.H.H. (2003). "Markov Chains in Predictive Models of Currency Crises: With Applications to Southeast Asia". Taiwan Economic Review **31**(4): 401-437.
50. Martinez-Peria, M.S. (2002). "A Regime-Switching Approach to the Study of Speculative Attacks: a Focus on EMS Crises". Empirical Economics **27**(2): 299-334.
51. Obstfeld, M. (1994). "Logic of Currency Crises". NBER Working Paper 4640. Cambridge, MA.
52. Obstfeld, M. (1996). "Models of Currency Crises with Self-Fulfilling Features". European Economic Review **40**: 1037-1047.
53. Quandt, R.E.(1972). "A New Approach to Estimating Switching Regressions". Journal of American Statistical Association **67**(338): 306-310.
54. Rose, A.K. & Spiegel, M.M. (2011). "Cross-Country Causes and Consequences of the 2008 Crisis: An Update". European Economic Review **55**(3): 309-324.
55. Shimpalee, P.L. & Bruer, J.B. (2006). "Currency Crisis and Institutions". Journal of International Money and Finance **25**: 125-145.

56. Van Den Berg, J. (2011). *Currency Crises and their Early Warning Systems*, Universitaire Pers Maastricht.
57. Zivot, E. & Andrews, D.W.K. (1992). "Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-root Hypothesis". Journal of Business & Economic Statistics **10**(3): 251-70.

## Original Research Article

## Early Warning System for Currency Crises in Iran: The Markov-Switching Approach

Mohammad Nasrollahi<sup>1</sup>Kazem Yavari<sup>2</sup>Reza Najarzadeh<sup>3</sup>Nader Mehregan<sup>4</sup>

Received: 08-09-2019

Accepted: 08-05-2020

**Introduction:** The occurrence of currency crises in recent decades has been one of the problems of the international monetary system. These crises impose heavy costs on the country where they occur and even other countries. For this reason, in recent years, systems for early warning of these crises have been developed to prevent the occurrence of such crises by their early detection and providing sufficient time for policymakers. Meanwhile, Iran's economy has faced several currency crises in the post-revolutionary years and has incurred heavy costs. Under these circumstances, designing an early warning system for currency crises in the Iranian economy can bring many benefits. Therefore, the purpose of this study is to design an early warning system for currency crises in Iran. Based on it, the endogenous crises that occurred in the period under review were identified. Using this system, it is possible to predict future crises and identify the factors affecting the occurrence and intensification of these crises separately in periods of tranquil and crisis.

**Methodology:** In order to achieve the above goals, this article used the Markov-switching approach and the quarterly data of the Iranian economy during a period from February 1988 to March 2016. For this purpose, first the components of the designed early warning system, i.e. the dependent variable and the leading indicators of the crisis, were introduced. Afterwards, to estimate the model, first the unit root tests of the variables were used, and then the early warning system was estimated based on the Markov-switching approach in periods of tranquil and crisis. Finally, after diagnostic tests, the in-sample and out-of-sample prediction performances of the system were investigated and the characteristics of periods of tranquil and crisis were studied.

---

<sup>1</sup>- Department of Economics, Babol Branch, Islamic Azad University, Babol, Iran  
Email: m.nasrollahi@baboliau.ac.ir

<sup>2</sup>- Professor, Economics, Yazd University, Iran

<sup>3</sup>- Associate Professor, Tarbiat Modares University, Department of Economics, Tehran, Iran

<sup>4</sup>- Professor, Buali Sina University, Department of Economics, Hamedan, Iran

**Results and Discussion:** The results indicate that the designed system has a high ability to identify the past crises and anticipate future crises in the Iranian economy. Also, according to the results, in tranquil states, the increase of inflation rate, international reserves to foreign debt ratio, M2 to international reserves ratio, growth of foreign exchange earnings from oil exports and growth of domestic credit have positive and significant effects on the index of foreign exchange market pressure and the greater probability of a currency crisis. But in these tranquil states, the increase in the ratio of foreign exchange earnings to international reserves as well as the growth of industrial production has had negative and significant effects on this index. In other words, they have helped to prevent the occurrence of the currency crisis. Moreover, based on these results, in the crisis states, an increase in the inflation rate, the ratio of international reserves to foreign debt, M2 to international reserves ratio and budget balance to real gross domestic product ratio, with positive and significant effects on the foreign exchange market pressure, will intensify such crises. Of course, if a currency crisis occurs, the increase in the ratio of foreign exchange earnings to international reserves, the growth of domestic credit, the growth of industrial production and growth of real gross domestic product will help improve the crisis state. Finally, based on these results, in the tranquil states, inflation is the most important warning indicator and also the most important factor in increasing the probability of a currency crisis. The growth of industrial production is also the main factor reducing the probability of the crisis. Also, in the crisis states, inflation is the most important factor to intensify the crisis, while the ratio of foreign exchange earnings to international reserves and growth of real gross domestic product are the most important factors in improving the crisis state respectively.

**Discussion:** Based on the early warning system designed for the Iranian economy, the occurrence of currency crises and the intensification of crisis states in Iran are due to a set of macroeconomic imbalances. These imbalances and the problems in the monetary, financial and foreign sectors as well as dependence on oil revenues have provided the basis for currency crises in the Iranian economy. However, the results showed that it is possible to deal with the occurrence of a currency crisis in Iran with policies such as inflation control, strengthening and proper management of foreign exchange resources, controlling liquidity growth, managing domestic credit, supporting industrial production, strengthening gross domestic product and controlling the government budget deficit. Also, it is possible to control the critical situation in the event of a currency crisis with such policies.

**Keywords:** Currency crises, Exchange market Pressure index, Early warning system, Regime-switching approach.