



## مدل سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی های سیستم

محمدهادی دمیری<sup>۱</sup>

پرویز سعیدی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۹/۲۳ حسین دیده خانی<sup>۳</sup>

ابراهیم عباسی<sup>۴</sup>

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر مدل سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی شناسی سیستم می باشد. در این پژوهش کلیه عوامل موثر بر نرخ ارز شناسایی شده و به صورت سیستمی روابط بین آنها مورد بررسی قرار گرفته شده است. به گونه ای که ابتدا روند و قیمت نرخ ارز با استفاده از مدل پویایی شناسی سیستم از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۴۰۱ پیش بینی شده و نتایج با روند و قیمت واقعی نرخ ارز تا سال ۱۳۹۷ مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد که روند تغییر نرخ ارز طی دوره ۱۹ ساله همواره با شیب ملایم صعودی بوده ولی طی سال های ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۷-۱۳۹۶ با جهش قیمتی و شیب تند همراه بوده که دقیقاً مشابه روند واقعی نرخ ارز می باشد. همچنین مقایسه داده های نرخ ارز واقعی و نرخ ارز پیش بینی شده تا سال ۱۳۹۷ نشان می دهد که این مدل به خوبی توانسته روند تغییرات را ارزیابی کرده و شکست های احتمالی را پیش بینی کند.

### کلمات کلیدی

نرخ ارز، اقتصاد ایران، پویایی های سیستم، پیش بینی، روند.

طبقه بندی: F31, C22, C53

۱- گروه مدیریت مالی، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران. damirihadi@yahoo.com

۲- گروه حسابداری و مدیریت، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران. (نویسنده مسئول). dr.parvizsaedi@yahoo.com

۳- گروه مهندسی مالی، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران. h.didekhani@gmail.com

۴- گروه مدیریت، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران. abbasiebrahim2000@alzahra.ac.ir

یکی از متغیرهای کلان و کلیدی اقتصاد هر کشور، نرخ برابری ارز آن کشور با یک کشور خارجی است (لی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹). افزایش تجارت جهانی موجب شده نرخ ارز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده سودآوری شرکت‌ها و قیمت سهام آن‌ها مورد توجه قرار گیرد (کیم<sup>آ</sup>، ۲۰۰۳). این نرخ، تعیین‌کننده روند تجاری، جریان‌ات سرمایه و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تورم، ذخیره و پرداخت‌های بین‌المللی در یک اقتصاد می‌باشد. بررسی اقتصاد کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد این کشورها با نوسانات بسیار زیاد نرخ ارز مواجه هستند. یکی از کشورهای در حال توسعه که مدیریت نرخ ارز در اقتصاد آن با چالش‌های عمده‌ای همراه بوده است، ایران است. به نظر می‌رسد با توجه به شرایط اقتصاد ایران، پیامدهای روند کنونی نرخ ارز و اهداف اصلی سیاست ارزی و تداوم این روند، برای اقتصاد ایران بهینه نیست و عملکرد مالی بنگاه‌ها اقتصادی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و موجب ناطمینانی در دریافتی و پرداختی‌های آتی بنگاه می‌شود.

بررسی روند نرخ ارز طی دوره‌های گذشته نشان می‌دهد که کشور ایران عدم ثبات شدیدی را در این حوزه تجربه کرده است، به طوری که نرخ انواع ارز در ایران با نواثرهای مختلفی به سمت بالا گرایش داشته است. بر این اساس همواره در همه دوره‌ها در محافل دانشگاهی و سیاست‌گذاری اقتصاد ایران، مباحث چالش برانگیزی حول نحوه تعیین نرخ ارز در جریان بوده است (ولیان، عبدلی و کابوسی، ۱۳۹۱)، چرا که نرخ ارز در اقتصاد ایران در دهه اخیر همواره در حال افزایش بوده است. در مورد دلایل افزایش نرخ ارز در ایران استدلال‌های فراوانی با پشتوانه‌های نظری متفاوتی و بعضاً بدون هیچ پشتوانه نظری صورت گرفته است. در این راستا، انجام پژوهشی مستقل و به دور از پیش‌داوری‌های غیرعلمی برای بررسی دلایل تغییرات نرخ ارز، برای اقتصاد کشور امری ضروری به نظر می‌رسد.

نوسانات نرخ ارز تحت تاثیر عوامل متعددی ایجاد می‌شود بنابراین با توجه به پیامدهای گسترده تغییر نرخ ارز برای عملکرد اقتصاد ایران، شناسایی عوامل موثر بر نرخ ارز به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی آن امری ضروری به نظر می‌رسد که پژوهش حاضر به دنبال مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز می‌باشد.

پیش‌بینی یکی از ابزارهای مدیریت صحیح و از عناصر اساسی در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی به شمار می‌رود (خداویسی و ملابهرامی، ۱۳۹۰). بنابراین علاوه بر راه‌کارها و ابزارهای شناخته شده به منظور مدیریت ریسک نوسانات نرخ ارز و به حداقل رساندن عواقب و زیان‌های ناشی از آن برای بنگاه‌ها، پیش‌بینی دقیق و کارشناسی شده نرخ ارز نیز می‌تواند در جهت استفاده بهتر از این ابزارها کمک

فراوانی کند. بنابراین انتخاب یک روش مناسب برای پیش‌بینی نرخ ارز از اهمیت بسیاری برخوردار است. برای پیش‌بینی نرخ ارز روش‌های متفاوتی وجود دارند که توسط پژوهش‌گران مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از جمله، مدل‌های سری زمانی خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA)<sup>۲</sup> (شاه حسینی و رضایی، ۱۳۹۶) مدل واریانس ناهمسانی شرطی اتورگرسیون تعمیم یافته (GARCH<sup>۳</sup>) (فدایی و همکاران، ۱۳۹۱) و مدل خودرگرسیون برداری (VAR<sup>۴</sup>) (گرینی و همکاران، ۱۳۹۱) و معادلات دیفرانسیل (خداویسی و ملا بهرامی، ۱۳۹۰).

با توجه به این‌که عوامل زیادی بر نرخ ارز موثر هستند و مدل‌های پیشین این قابلیت را ندارند که همه عوامل موجود را در مدل‌سازی لحاظ نمایند، در این پژوهش برای پیش‌بینی نرخ ارز از روش پویایی‌شناسی سیستم<sup>۵</sup> استفاده شده است. مزیت این روش نسبت به سایر روشها در این است که اثر تمام عواملی که می‌توانند در تعیین نرخ ارز نقش داشته باشند، را در پیش‌بینی لحاظ می‌کند. بنابراین مقاله حاضر به صورت زیر سازماندهی شده است. بخش دوم به مروری بر ادبیات پژوهش اختصاص داده شده است. بخش سوم روش تحقیق را به تصویر کشیده است. در این بخش همچنین متغیرهای مورد استفاده در الگوی مورد نظر بیان شده‌اند. در بخش چهارم، الگوی پژوهش شبیه‌سازی و اعتبارسنجی شده است. و نهایتاً در بخش‌های پنجم نتیجه‌گیری و بحث ارائه شده‌اند.

## مروری بر ادبیات

### مبانی نظری

نرخ ارز معیار ارزش برابری پول ملی یک کشور در برابر پول کشورهای دیگر و منعکس‌کننده وضعیت اقتصادی آن کشور در مقایسه با شرایط اقتصادی سایر کشورهاست. (ادیب پور، ۱۳۹۵). نرخ ارز در کنار نرخ تورم، بیکاری و نرخ رشد یکی از مهم‌ترین متغیرها جهت سنجش وضعیت اقتصادی هر کشور در طی زمان است و در هر کشوری که با دنیای خارج در ارتباط است، به عنوان یکی از عوامل تعیین قیمت شناخته می‌شود. به طوری که با تاثیر مستقیم بر واردات، صادرات، تراز پرداخت‌ها و ذخایر ارزی و تاثیر غیرمستقیم بر بسیاری از متغیرهای اقتصادی دیگر، نقش مهمی در وضعیت اقتصادی هر کشور ایفا می‌کند. تغییرات نرخ ارز به لحاظ تئوری می‌تواند در رقابت‌پذیری بنگاه‌ها در سودآوری، از طریق اثرات تجارت بین‌الملل تاثیر فراوانی بگذارد (دورنبوش و فیشر<sup>۷</sup>، ۱۹۸۰، ۹۶۳).

بررسی تحولات ارزی در ایران نشان می‌دهد که در طول دهه‌های گذشته سازوکار تعیین سیاست‌های ارزی یا به عبارت دیگر نظام ارزی کشور تغییرات گسترده‌ای داشته است. نظام‌های ارزی با

## مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

توجه به الزاماتی که به اقتصاد تحمیل می‌کنند، طیف گسترده‌ای را شامل می‌شوند. این نظام‌ها بین دو قطب شناور مطلق و ثابت مطلق قرار می‌گیرند و علی‌رغم این که دارای ویژگیهای مشترک زیاد با یکدیگر هستند، اثرات متفاوتی بر انعطاف سیاستگذاری اقتصادی، هزینه تغییر سیاست ارزی و همچنین تصمیم‌بنگاه و مصرف‌کنندگان دارند (پژوهشکده پولی و بانکی، ۱۳۹۴۱). نظام ارزی در اقتصاد ایران به طور کلی سه نوع ترتیب را تجربه کرده است. ابتدا دوران قبل از پیروزی انقلاب اسلامی که نظام حاکم بر بخش ارزی کشور، نظام نرخ ارز ثابت بوده است. و پس از آن نظام چندگانه نرخ ارز که در سالهای پس از پیروزی انقلاب اسلامی جایگزین نظام ثابت نرخ ارز شد که تا سال ۱۳۸۱ ادامه داشت. و نهایتاً نظام ارزی شناور مدیریت شده که بین سالهای ۱۳۸۱ - ۱۳۹۰ در جریان بود (ورتایان کاشانی، ۱۳۹۲). در حال حاضر نیز نظام ارزی حاکم بر اقتصاد کشور نظام چندگانه نرخ ارز است.

بررسی اقتصاد کشورهای در حال توسعه بویژه اقتصاد ایران نشان می‌دهد این کشورها با نوسانات بسیار زیاد نرخ ارز مواجه هستند. نوسانات نرخ ارز مجموعه‌ای از تغییرات متفاوت و حتی متضاد را در بخش داخلی و خارجی اقتصاد به همراه دارد که می‌تواند عملکرد اقتصادی هر کشور را تحت تاثیر قرار دهد. نوسانات غیر عادی در سیستم ارزی باعث بی‌ثباتی در اقتصاد، بی‌اعتمادی مردم به پول ملی، کاهش نسبی قدرت خرید در مقایسه با موازنه‌های بین‌الملل و خروج جریان سرمایه از بخش تولید در بخش کلان اقتصادی و همچنین تغییر در جریان مالی شرکت‌ها در بخش اقتصاد خرد می‌شود. هرگونه تغییر در قیمت ارز از طریق تغییر در قیمت نسبی کالاهای داخلی در مقایسه با کالاهای خارجی سبب تغییر در قدرت رقابت‌پذیری تولیدات داخلی و افزایش یا کاهش در میزان صادرات و واردات و درآمدهای ارزی کشور می‌گردد. به عبارت دیگر، نرخ ارز تعیین‌کننده حجم و ترکیب مراودات بین‌المللی یک کشور است.

علت اصلی افزایش مداوم نرخ ارز، شاید افزایش مداوم درآمدهای نفتی از یک طرف و تزریق بخش عمده‌ای از این درآمدها توسط دولت به اقتصاد کشور بوده است. در این شرایط حتی سیاست بانک مرکزی در راستای انباشت ذخایر ارزی خود نیز نتوانسته از کاهش نرخ ارز جلوگیری کند (زمان‌زاده، ۱۳۸۹). با اینحال عوامل بسیاری در افزایش نوسانات نرخ ارز موثر هستند. بسیاری از محققان معتقدند که نرخ ارز به طور گسترده تحت تاثیر عوامل مالی بسیاری قرار دارد. به عنوان مثال تغییرات نرخ بهره می‌تواند نرخ ارز را تحت تاثیر قرار دهد. نرخ بهره اثر دوگانه‌ای بر نرخ ارز دارد. از طرفی افزایش نرخ بهره می‌تواند از طریق کاهش سرمایه‌گذاری نرخ ارز را افزایش دهد به طوری که با کاهش سرمایه‌گذاری، تولید ملی و صادرات نیز کاهش می‌یابد و با کاهش صادرات که منجر به کاهش عرضه ارز می‌شود، نرخ ارز افزایش

## فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

پیدا می‌کند. از طرف دیگر افزایش نرخ بهره تقاضای سوداگرانه پول را کاهش می‌دهد (زیرا هزینه نگهداری پول افزایش پیدا می‌کند) و در نتیجه کل تقاضای پول نیز کاهش می‌یابد و با کاهش تقاضا برای پول ملی، ارزش آن در برابر ارز خارجی افزایش می‌یابد (کاهش نرخ ارز). بنابراین تاثیر نرخ بهره بر نرخ ارز نامشخص و مبهم است (محمدلو و خداویسی، ۱۳۹۶).

رویدادهای سیاسی از دیگر عوامل موثر بر نرخ ارز می‌باشد. تحریم‌ها به عنوان یکی از عوامل سیاسی تاثیر به‌سزایی بر نرخ ارز دارند که از طریق تاثیر مستقیم بر واردات و صادرات، میزان ورود و خروج نرخ ارز را متاثر می‌سازد. با تشدید تحریم‌ها و موانعی که برای صادرات و واردات و همچنین نقل و انتقالات ارزی ایجاد می‌شود، به‌طور مستقیم میزان عرضه و تقاضای ارز تحت تاثیر قرار می‌گیرد که نوسانات ارزی را در پی دارد (ورتابیان‌کاشانی، ۱۳۹۲).

شریف‌آزاده و حقیقت (۱۳۸۴) نشان دادند که در کنار عوامل متعددی که نرخ ارز را تحت تاثیر قرار می‌دهند، تغییرات تعرفه بر واردات کالاها نیز با تغییر میزان واردات، تقاضای ارز را تحت تاثیر قرار می‌دهد به‌طوری که با افزایش تعرفه بر واردات، قیمت کالاهای وارداتی افزایش و به تبع آن واردات کاهش می‌یابد در نتیجه با کاهش تقاضا برای ارز، نرخ ارز نیز کاهش خواهد یافت. دولت‌ها برای اهدافی چون درآمد و حمایت از تولیدات داخلی بر کالاهای وارداتی تعرفه وضع می‌کنند و باعث افزایش قیمت کالاهای وارداتی می‌شوند که تقاضای عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. دولت‌ها همچنین از سیاست مالی نیز برای تاثیرگذاری در سطح تقاضای عمومی در اقتصاد استفاده می‌کنند که می‌تواند بر نرخ ارز تاثیر بگذارد. به عنوان مثال وقتی دولت طی یک سیاست مالی انبساطی تصمیم به افزایش هزینه‌های خود می‌نماید، باعث افزایش سطح تقاضای کل و درآمد ملی می‌شوند. افزایش تولید ملی از یک طرف صادرات را افزایش می‌دهد و از طرف دیگر، با افزایش درآمدها، واردات نیز افزایش می‌یابد. بر این اساس، تاثیر اعمال یک سیاست مالی انبساطی (یا انقباضی) بر نرخ ارز مبهم و ناشناخته است.

آنچه که مسلم است عوامل زیادی بر نرخ ارز تاثیر می‌گذارند. اگرچه در مورد عوامل موثر بر نرخ ارز مطالعات متعددی انجام پذیرفته است ولی این مطالعات محدود به چند عامل عمده و شناخته شده اصلی بوده است، در این پژوهش عوامل موثر بر نرخ ارز، بصورت وسیع و گسترده مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از روش پویایی شناسی سیستم نوسانات نرخ ارز مدلسازی شده است. پویایی شناسی سیستم برای شناسایی و تبیین رفتار غیر خطی سیستم‌های پیچیده و چگونگی تعامل آنها با یکدیگر مطرح شده است. فارستر<sup>۸</sup> (۱۹۹۷) بر این اعتقاد بود که نمی‌توان فقط با استفاده از مدل‌های کمی تمامی موضوعات علمی را تحلیل کرد، چرا که بعضی از مسائل قابل کمی شدن نیستند و روابط بین آنها خطی

## مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

نیست (فارستر، ۱۹۹۷). اما پویایی شناسی سیستم با تمرکز بر فرایند بازخور و روابط علی و معلولی، به شناخت و تبیین روابط علی بین سیستم های مختلف می‌پردازد. برخلاف الگوهای ریاضی که امکان ویرایش پارامترهای کیفی در آنها وجود ندارد، در الگوی پویا می‌توان با نوشتن معادلات غیر دقیق، برای برای متغیرهای کیفی و شبیه سازی عددی آنها، تاثیر این متغیر را بر کل سیستم در نظر گرفت. نگاه سیستمی که پایه این روش‌شناسی است بیان می‌کند که در بسیاری از مواقع معلول نیز می‌تواند بر علت تاثیر گذارد. و تشکیل حلقه‌های بازخوری دهد. به‌عنوان مثال، در دیدگاه خطی، افزایش نرخ ارز باعث کاهش واردات می‌شود و یک رابطه علی منفی را تشکیل می‌دهد. اما نگاه سیستمی بیان می‌کند که فراتر از تاثیر منفی نرخ ارز بر واردات، واردات نیز بر نرخ ارز تاثیر می‌گذارد و باعث تشکیل حلقه علی می‌شود. در الگوسازی به روش پویایی شناسی سیستم ابتدا به ارائه تصویری کلی که مبنای مدل است، پرداخته می‌شود. بدین منظور، عوامل تاثیرگذار بر متغیر نرخ ارز واقعی تعیین و روابط علت معلولی متناسب با مشاهدات صورت پذیرفته بر رفتار سیستم با الهام از نظریه‌های معتبر از مبانی نظری، ساختاربندی می‌گردد. رویکرد سیستمی این مدل به این صورت است که هر عامل و متغیر بر عامل یا عوامل دیگر تاثیر می‌گذارد و از عامل یا عوامل دیگر تاثیر می‌پذیرد و تشکیل حلقه‌های تقویتی یا تعادلی و همچنین روابط علت و معلولی می‌دهد. در بخش روش تحقیق بیشتر به این موضوع پرداخته شده است.

### **پیشینه پژوهش**

یانگ<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به پیش‌بینی نرخ ارز با استفاده از مدل ترکیبی گاوس و شبکه عصبی فازی پرداختند و نشان دادند که قیمت‌های پیش‌بینی شده کمی پایین‌تر از قیمت‌های واقعی است و بسیار نزدیک به قیمت‌های واقعی هستند.

راجاشری<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۸) به تجزیه و تحلیل عملکرد یک شبکه عصبی مرتبه بالاتر با یک الگوریتم شتاب دهنده قورباغه در پیش‌بینی نرخ ارز پرداخت و یافته‌های پژوهش نشان داد که مدل شبکه عصبی مرتبه بالاتر Pi-Sigma در مقایسه با مدل‌های قبلی یک برآورد کننده برتر است.

سرن و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به مدل‌سازی و تحلیل دینامیکی نرخ ارز دلار نسبت به لیر ترکیه بر پایه ارتباط بین نرخ بهره، تورم، نرخ ارز و بازار پولی پرداختند. نتایج بیان می‌کند که مقابله با بحران‌های اقتصادی علاوه بر سیاست‌های پولی، به ادراک و رفتار مردم نیز بستگی دارد. بنابراین سیاست‌هایی که بر جلوگیری از بدبینی و اضطراب بین مردم تمرکز دارند با اهمیت هستند به‌ویژه در زمینه نوسانات نرخ ارز.

## فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

لی، تسیاکاس و وانگ<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۵) با بررسی مدل‌های رگرسیونی در پیش‌بینی نرخ ارز با استفاده از مدل رگرسیون سینک آشپزخانه (استفاده از همه متغیرهای پیش‌بینی کننده نرخ ارز در رگرسیون) به قابل اعتماد بودن این مدل برای پیش‌بینی نرخ ارز و کاهش اثرات متغیرهایی که کمتر حاوی اطلاعات مهم است پی بردند.

کیا<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان عوامل تعیین کننده نرخ ارز واقعی در یک کشور کوچک باز بر اساس داده‌های کشور کانادا، یک مدل پولی نرخ ارز واقعی را ایجاد کرد. نتایج نشان می‌دهد که همه متغیرها به جز عرضه واقعی پول، نرخ بهره واقعی داخلی و خارجی و تأمین مالی خارجی در GDP از نظر آماری تأثیر معناداری بر نرخ ارز واقعی کانادا دارند. هر چند در کوتاه مدت متغیرهای مالی داخلی تأثیری بر نرخ ارز واقعی ندارند.

شاه‌حسینی و رضایی (۱۳۹۶) به پیش‌بینی نرخ رسمی ارز در ایران با استفاده از مدل خود رگرسیونی ARIMA همراه با عامل‌های مداخله‌ای و مقایسه آن با مدل گام تصادفی پرداخته است. داده‌های استفاده شده در این پژوهش شامل نرخ رسمی ارز از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۴ است و نرخ رسمی ارز برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴ پیش‌بینی شده است. نتایج نشان می‌دهند که مدل ARIMA عملکرد بهتری نسبت به مدل گام تصادفی دارد.

یارمحمدی و محمودوند (۱۳۹۵) با مدل سازی و پیش‌بینی نرخ روزانه دلار به ریال، با روش تحلیل مجموعه مقادیر تکین و مدل ARIMA به این نتیجه رسیدند که روش تحلیل مجموعه مقادیر تکین نسبت به مدل ARIMA یک برآورد کننده برتر است.

منافی انور و همکاران (۱۳۹۴). به بررسی عوامل موثر بر تغییرات نرخ ارز و تاثیر آن بر شاخص رقابت پذیری در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۵۸ الی ۱۳۹۲ پرداختند. نتایج پژوهش با استفاده از الگوی var نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت درآمدهای نفتی، نقدینگی و محصول ناخالص داخلی دارای تأثیر مثبت و کسری بودجه دارای تأثیر منفی بر نرخ ارز می‌باشند. در بلندمدت درآمدهای نفتی و کسری بودجه دارای تأثیر منفی و حجم نقدینگی و محصول ناخالص داخلی دارای تأثیر مثبت بر نرخ ارز واقعی هستند. احسانی‌فر و احتشام‌رایی (۱۳۹۳) در پژوهش خود به پیش‌بینی نرخ ارز در بازار سرمایه با استفاده از مدل‌های میانگین متحرک خودرگرسیون انباشته و شبکه عصبی پرداخته‌اند. از این دو روش برای پیش‌بینی نرخ روزانه ارز در دوره‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ استفاده شده است. نتایج این مطالعه نیز نشان از بهینه بودن مدل شبکه‌های عصبی دارد اما برای معاملات کوتاه مدت و نوسان‌گیری در بازارهای مالی

## مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

این تحلیل کارایی کمتری دارد. همچنین مدل شبکه‌های عصبی نسبت به مدل‌های میانگین متحرک خودرگرسیون انباشته برتری دارد.

سپهوند و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان تعیین عوامل مؤثر بر نرخ ارز در ایران با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۳۵۷ - ۱۳۹۲ و با بهره‌گیری از روش خود توضیحی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) نشان دادند که در بلندمدت، تولید ناخالص داخلی تأثیر منفی، حجم نقدینگی و واردات تأثیر مثبت و معناداری بر نرخ ارز دارند. تأثیر متغیرهای نرخ بهره و صادرات بر نرخ ارز از لحاظ آماری معنادار نبوده است. همچنین تأثیر شوک‌ها بر نرخ ارز مثبت و معنادار بوده است.

شیرازی و نصراللهی (۱۳۹۲) با استفاده از الگوهای پولی مختلف به پیش‌بینی نرخ ارز پرداخته و نتایج آن را با مدل الگوی گام تصادفی مقایسه کرده است. نرخ ارز در این مدل با استفاده از روش‌های VECM برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های گام‌برداری تصادفی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های پولی دارد و در میان مدل‌های پولی، روش فرانک-دورنبوش عملکرد بهتری نسبت به دیگر مدل‌ها دارد. تقوی و محمدی (۱۳۹۰) در تحقیقی به بررسی عوامل مؤثر بر نرخ ارز و تراز پرداخت‌ها در ایران پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تورم و مخارج دولت تأثیر منفی و تولید ناخالص داخلی و درآمدهای نفتی و مالیاتی تأثیر مثبت بر ارزش پول ملی دارند.

شریف‌آزاده و حقیقت (۱۳۸۴) به بررسی عوامل مؤثر بر نرخ ارز در ایران، با استفاده از داده‌ها و اطلاعات سال‌های ۱۳۴۰ - ۱۳۷۹ پرداختند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد تأثیر متغیرهای نرخ رشد حجم پول، قیمت نفت و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی بر نرخ ارز منفی بوده و اثر متغیرهای نرخ بهره، هزینه‌های دولت، درآمد ناخالص داخلی و قیمت طلا بر نرخ ارز مثبت می‌باشد.

آن‌چه که مسلم است نوسانات نرخ ارز می‌تواند نتیجه تصمیمات را تحت تأثیر قرار دهد و عواقبی در پی داشته باشد، بنابراین شناسایی عوامل مؤثر بر آن جهت دست یافتن به اهداف و برنامه‌های اقتصادی مورد نظر نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. از این‌رو در پژوهش حاضر سعی بر آن است که با شناسایی تمامی عوامل مؤثر بر نرخ ارز، نوسانات نرخ ارز را مدل‌سازی نماید. با توجه به موضوع و مبانی نظری پژوهش و به منظور نیل به اهداف پژوهش، الگوی پویایی شناسی سیستمی با استفاده از نرم‌افزار Vensim طراحی و تجزیه و تحلیل شده است. افق زمانی این پژوهش یک دوره ۱۹ ساله از سال ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۱ می‌باشد و داده‌های مورد نیاز از سایت‌های اطلاعاتی بانک مرکزی و وزارت امور اقتصادی و دارایی استخراج شده است.



## روش تحقیق

با توجه به موضوع و مبانی نظری پژوهش و نیل به اهداف پژوهش، الگوی پویایی شناسی سیستم با استفاده از نرم افزار Vensim DSS طراحی و تجزیه و تحلیل شده است. داده‌های این پژوهش به صورت سالیانه وارد مدل شده و افق زمانی در نظر گرفته شده برای این پژوهش، یک دوره ۱۹ ساله است که از سال ۱۳۸۳ که سال پایه در نظر گرفته شده شروع و تا سال ۱۳۴۰۱ ادامه می‌یابد. با توجه به اینکه داده‌های واقعی نرخ ارز تا سال ۱۳۹۷ موجود می‌باشد، برای سنجش اعتبار الگو، نتایج شبیه سازی شده از سال پایه تا سال ۱۳۹۷ با داده‌های واقعی قابل مقایسه می‌باشند و عملیات شبیه سازی تا سال ۱۴۰۱ ادامه می‌یابد. با توجه به موضوع پژوهش و الگوی پویایی شناسی سیستم، متغیرهای متعددی در الگوی این مطالعه به کار رفته است که در جدول (۱) قابل مشاهده می‌باشد.

رویکرد سیستمی این مدل به این صورت است که هر عامل و متغیر بر عامل یا عوامل دیگر تاثیر می‌گذارد و از عامل یا عوامل دیگر تاثیر می‌پذیرد و تشکیل حلقه‌های تقویتی یا تعادلی می‌دهد که در ادامه توضیح داده می‌شود. در نهایت با در نظر گرفتن تمام عوامل و حلقه‌ها و روابط، الگوی کلی پیش‌بینی نرخ ارز به وجود خواهد آمد. لازم به ذکر است به دلیل وجود حلقه‌های فراوان در مدل، تنها به تعدادی از مهم‌ترین حلقه‌های تقویت کننده و تعادلی به عنوان نمونه اشاره می‌شود.

حلقه‌های تقویتی که با R نشان داده می‌شوند به حلقه‌هایی گفته می‌شود که در آن، تغییر (افزایش) در یک متغیر، طی فرآیند و تاثیرات متغیرهای موجود در حلقه باعث تغییر در همان جهت (افزایش) آن متغیر می‌شود و حلقه‌های تعدیلی که با B نشان داده می‌شوند به حلقه‌هایی گفته می‌شود که در آن، تغییر (افزایش) در یک متغیر، طی فرآیند و تاثیرات متغیرهای موجود در حلقه باعث تعدیل تغییر اولیه می‌شود.

وجود علامت مثبت و منفی بر روی پیکان‌ها، جهت رابطه را نشان می‌دهد. به طوری که علامت مثبت نشان می‌دهد تغییرات (افزایش/ کاهش) یک متغیر، متغیر بعدی را نیز در همان جهت (افزایش/ کاهش)، تغییر می‌دهد. و علامت منفی نیز نشان می‌دهد، تغییرات (افزایش/ کاهش) یک متغیر، متغیر بعدی را در جهت عکس (کاهش/ افزایش)، تغییر می‌دهد.

مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

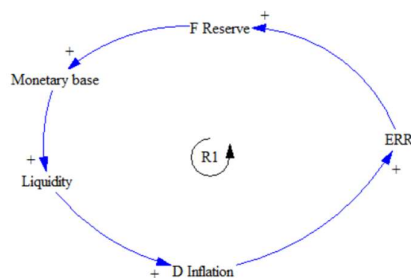
جدول ۱: متغیرهای استفاده شده در مدل پویایی شناسی سیستم

متغیر	نماد	منبع	شماره	متغیر	نماد	منبع	شماره
کسری/مازاد بودجه دولت	B Deficit/Surplus	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان، ۱، ۱۳۹۲	۲۲	ضریب فزاینده پولی	Money Multiplier	محاسبات پژوهش- بانک مرکزی	۱
نرخ تورم داخلی	D Inflation	اسلامی‌بیدگلی و همکاران، ۱۳۹۱	۲۳	هزینه‌های ملی	N Consumption	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان، ۱، ۱۳۹۲	۳
نرخ بهره داخلی	D Interest Rate	بانک مرکزی	۲۴	درآمد ملی	N Incom	شریف‌آزاده و حقیقت، ۱۳۸۴	۴
سرمایه‌گذاری داخلی	D Investment	شریفی رنانی و همکاران(۱۳۹۴)	۲۵	درآمد ناخالص ملی	GNP	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان، ۱، ۱۳۹۲	۵
میل به پس‌انداز	Desier to Save	محاسبات پژوهش	۲۶	درآمد نفتی دولت	Oil Incom	صمدی و همکاران(۱۳۹۱)	۶
میل به مصرف	Desire to Consumption	محاسبات پژوهش	۲۷	درجه باز بودن اقتصاد	OPN	شریف‌آزاده و حقیقت، ۱۳۸۴	۷
هزینه‌های عمرانی	Development Cost	بانک مرکزی	۲۸	سایر دارایی‌های بانک مرکزی	Other Assests	بانک مرکزی	۸
نرخ ارز واقعی	ERR	نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۲	۲۹	سایر واردات	Other Import	بانک مرکزی	۹
صادرات کل	Export	غلامی و فطرس(۱۳۹۵)	۳۰	سرمایه‌گذاری خصوصی	P Investment	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان، ۱، ۱۳۹۲	۱۰
صادرات غیر نفتی	Export NO	غلامی و فطرس(۱۳۹۵)	۳۱	بهره‌وری کل سرمایه	Productivity	سازمان ملی بهره‌وری ایران	۱۱
صادرات نفتی	Export Oil	غلامی و فطرس(۱۳۹۵)	۳۲	سهم هزینه‌های عمرانی از کل هزینه‌های دولت	S Development Cost	بانک مرکزی	۱۲
سرمایه خارجی در دسترس	F Capital Investment Available	شریفی رنانی و همکاران(۱۳۹۴)	۳۳	سهم صادرات غیر نفتی از کل تولیدات	S Export NO	شریف‌آزاده و حقیقت(۱۳۸۴)	۱۳
نرخ تورم خارجی	F Inflation	بانک جهانی	۳۴	سهم کالاهای مصرفی خارجی از کل هزینه‌های ملی	S F Commodity	شریف‌آزاده و حقیقت(۱۳۸۴)	۱۴
سرمایه‌گذاری خارجی	F Investment	بانک مرکزی	۳۵	سهم سایر واردات از کل واردات	S Other Import	محاسبات پژوهش	۱۵

فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

منبع	نماد	متغیر	ردیف	منبع	نماد	متغیر	ردیف
محاسبات پژوهش	S Other Incom	سهم سایر درآمدها از کل درآمدهای دولت	۳۶	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان ۲، ۱۳۹۰	F Reserves	ارزش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی	۱۵
آقایی و همکاران، ۱۳۹۶	Sanction	اثر تحریم	۳۷	شریف آزاده و حقیقت (۱۳۸۴)	G Cost	هزینه‌های دولتی	۱۶
صندوق توسعه ملی	Stock Exchang	ذخایر ارزی بانک مرکزی	۳۸	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان ۲، ۱۳۹۰	G Debt	بدهی دولت به بانک مرکزی	۱۷
ابراهیمی (۱۳۸۸)	Supply	عرضه ارز	۳۹	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان ۱، ۱۳۹۲	G Incom	درآمد دولت	۱۸
شریفی رنانی و همکاران (۱۳۹۴)	T Investment	سرمایه‌گذاری کل	۴۰	غلامی و فطرس (۱۳۹۵)	Import	واردات	۱۹
رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان ۱، ۱۳۹۲	Tax Incom	درآمدهای مالیاتی دولت	۴۱	رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان ۲، ۱۳۹۰	Liquidity	نقدینگی	۲۰
				رحمانی، تیمور. اقتصاد کلان ۲، ۱۳۹۰	Monetary Base	پایه پولی	۲۱

همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در حلقه تقویت‌کننده R1 با افزایش نرخ ارز، دارایی‌های خارجی بانک مرکزی افزایش می‌یابد و افزایش دارایی‌های بانک مرکزی، پایه پولی را تقویت می‌کند که خود منجر به افزایش نقدینگی می‌شود. با افزایش نقدینگی، نرخ تورم افزایش پیدا می‌کند و نهایتاً منجر به افزایش مجدد نرخ ارز می‌شود.

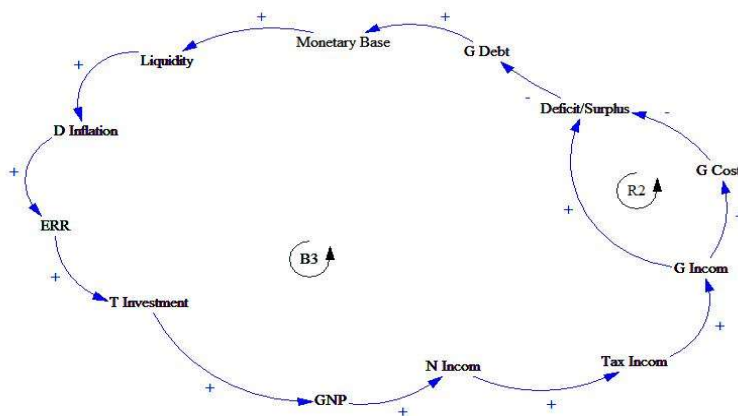


شکل ۱: حلقه تقویت‌کننده R1 (دارایی خارجی بانک مرکزی)

## مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

حلقه تقویت کننده R2 در شکل ۲ نشان می‌دهد که افزایش نرخ ارز سرمایه‌گذاری کل و به دنبال آن، تولید ناخالص ملی را افزایش می‌دهد که این نیز به نوبه خود منجر به افزایش درآمد ملی و پس از آن درآمد مالیاتی، درآمد دولتی و همچنین هزینه‌های دولت می‌شود. افزایش هزینه‌های دولت باعث کاهش کسری - مازاد بودجه دولت، می‌شود و این موضوع بدهی دولت را افزایش می‌دهد. با افزایش بدهی دولت پایه پولی افزایش می‌یابد و این افزایش، افزایش نقدینگی را در پی دارد و با افزایش نقدینگی، تورم افزایش می‌یابد که نهایتاً منجر به افزایش مجدد نرخ ارز می‌گردد.

در حلقه تعادلی B3 مطابق حلقه تعادلی R2 افزایش نرخ ارز منجر به افزایش سرمایه‌گذاری کل، سرمایه‌گذاری کل موجب افزایش تولید ناخالص ملی، به دنبال آن افزایش درآمد ملی و درآمد ملی نیز باعث افزایش درآمد مالیاتی و درآمد کل دولت می‌شود. افزایش درآمد دولت، کسری - مازاد بودجه دولت را افزایش می‌دهد که نتیجه آن کاهش بدهی دولت است. کاهش بدهی دولت، پایه پولی را کاهش می‌دهد و با کاهش پایه پولی، تورم کاهش یافته و نهایتاً منجر به کاهش نرخ ارز می‌شود. به عبارتی دیگر، کاهش تورم افزایش اولیه نرخ ارز را تعدیل می‌کند.

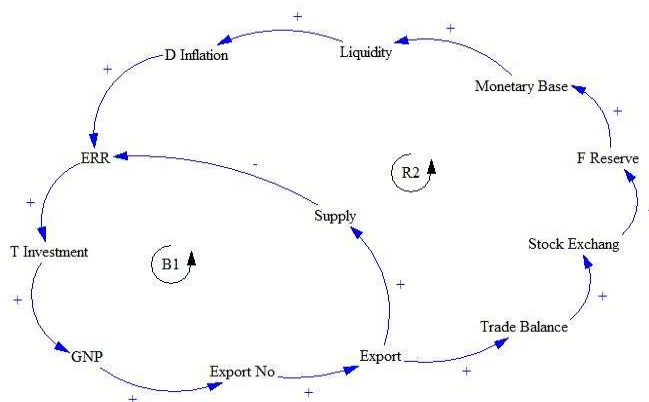


شکل ۲: حلقه تقویت کننده R2 و حلقه تعادلی B3 (مازاد یا کسری بودجه)

حلقه تعادلی B1 نشان داده شده در شکل ۳ بیان می‌کند که افزایش نرخ ارز، با افزایش سرمایه‌گذاری کل، تولید ناخالص ملی را افزایش می‌دهد. با افزایش تولید ناخالص داخلی، صادرات غیرنفتی و صادرات کل افزایش خواهد یافت. در نتیجه با افزایش صادرات، عرضه ارز نیز افزایش یافته و با افزایش عرضه ارز،

نرخ ارز کاهش خواهد یافت. یا به عبارتی در این حلقه، افزایش عرضه ارز، افزایش اولیه نرخ ارز را تعدیل خواهد کرد.

همچنین در شکل ۳ حلقه تعادلی R2 بیان می‌کند افزایش نرخ ارز، باعث افزایش سرمایه‌گذاری کل شده که افزایش سرمایه‌گذاری نیز باعث افزایش تولید ناخالص ملی خواهد شد و با افزایش تولید ناخالص ملی، صادرات غیرنفتی و صادرات کل افزایش یافته و موجب بهبود تراز تجاری می‌شود. بنابراین بهبود تراز تجاری نیز، ذخایر ارزی و به دنبال آن ذخایر خارجی بانک مرکزی را افزایش خواهد داد. این افزایش ذخایر ارزی که افزایش در دارایی‌های خارجی را نیز به دنبال دارد موجب افزایش پایه پولی و همچنین نقدینگی می‌شود و به دنبال آن تورم نیز افزایش یافته که این خود موجب افزایش نرخ ارز خواهد شد. بنابراین، افزایش اولیه نرخ ارز طی حلقه R2 تشدید خواهد شد.

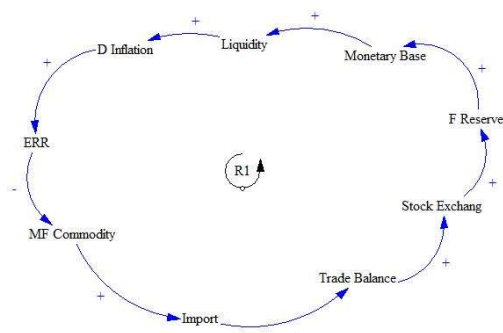


شکل ۳: حلقه‌های تعادلی B1 و افزایشی R2 (صادرات و عرضه ارز)

با توجه به حلقه تقویت کننده R1 در شکل ۴ که متمرکز بر تاثیر مصرف و مصرف کالای خارجی است، نرخ ارز تاثیر مستقیمی بر میل به مصرف کالای خارجی و در نتیجه واردات دارد. به این معنی که افزایش نرخ ارز، میل به مصرف کالای خارجی را کاهش خواهد داد. با کاهش میل به مصرف کالای خارجی، واردات نیز کاهش می‌یابد. کاهش واردات نیز موجب تقویت تراز تجاری شده است. با بهبود تراز تجاری، ذخایر ارزی و به دنبال آن دارایی‌های خارجی بانک مرکزی افزایش می‌یابد. در نتیجه بر پایه پولی و نقدینگی نیز افزوده خواهد شد که به دنبال آن تورم داخلی نیز افزایش می‌یابد. افزایش تورم

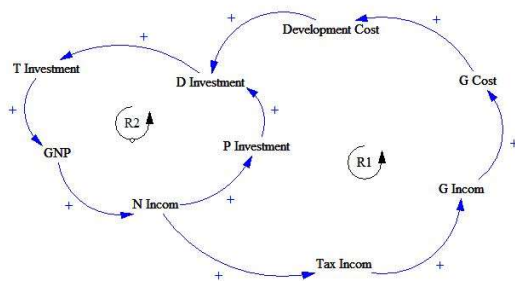
مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

داخلی نیز موجب افزایش نرخ ارز و یا به عبارتی تشدید افزایش اولیه نرخ ارز خواهد شد.



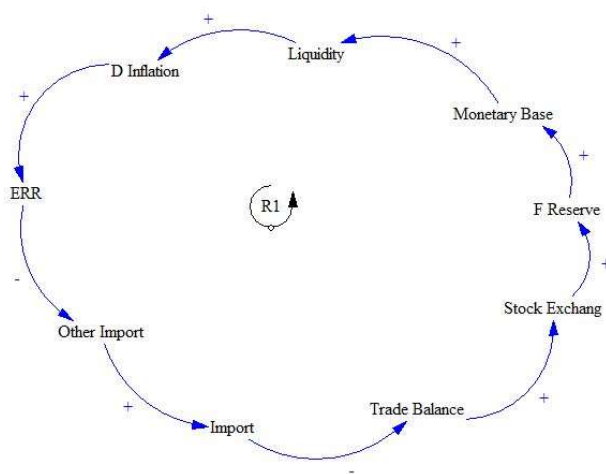
شکل ۴: حلقه تقویت کننده R1 (کالاهاى مصرفى خارجى)

مطابق با شکل ۵، حلقه تقویتي R2 نشان می‌دهد که با افزایش تولید ناخالص ملی و درآمد ناخالص ملی، سرمایه‌گذاری خصوصی و داخلی و همچنین سرمایه‌گذاری کل افزایش خواهد یافت. افزایش در سرمایه‌گذاری کل نیز با یک تاخیر موجب تشدید در افزایش تولید ناخالص ملی خواهد شد. حلقه R1 نیز نشان می‌دهد که با افزایش تولید ناخالص ملی و درآمد ملی، درآمدهای مالیاتی و درآمدهای کل دولت افزایش خواهد یافت و به دنبال افزایش درآمدها، مخارج و مخارج عمرانی دولت نیز افزایش می‌یابد. با افزایش در مخارج عمرانی دولت، سرمایه‌گذاری داخلی و کل افزایش یافته و این افزایش با یک وقفه موجب افزایش مجدد تولید ناخالص ملی خواهد شد.



شکل ۵: حلقه‌های تقویت کننده R1 و R2 (سرمایه‌گذاری و درآمد ناخالص ملی)

حلقه تقویتی شکل ۶ نشان می‌دهد که در اثر افزایش نرخ ارز، واردات کاهش می‌یابد. کاهش در واردات موجب افزایش در تراز تجاری می‌شود. با افزایش در تراز تجاری، ذخایر ارزی افزایش یافته و این نیز موجب افزایش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی می‌شود. با افزایش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، پایه پولی و به دنبال آن نقدینگی و همچنین تورم افزایش می‌یابد. در نهایت افزایش تورم نیز باعث افزایش نرخ ارز می‌گردد و یا به عبارتی، در طی این حلقه در نهایت افزایش تورم موجب تشدید در افزایش اولیه نرخ ارز می‌شود.



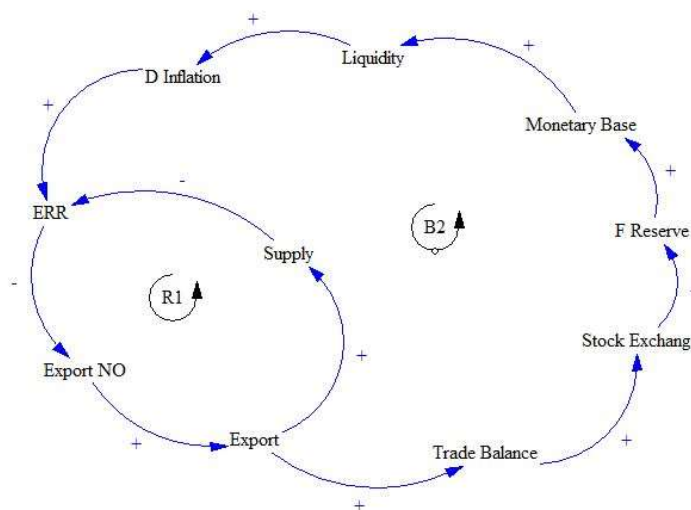
شکل ۶: حلقه تقویت کننده R1 (واردات)

مطابق با شکل ۷ در حلقه R1 با ثابت بودن سایر عوامل، با افزایش نرخ ارز، ارزش دلاری صادرات غیر نفتی و به دنبال آن صادرات کل کاهش می‌یابد. با کاهش صادرات، عرضه ارز نیز کاهش یافته و در نتیجه با کاهش عرضه ارز، نرخ ارز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، طی حلقه R1، افزایش اولیه نرخ ارز در نهایت موجب کاهش عرضه ارز و در نتیجه موجب تشدید افزایش اولیه نرخ ارز می‌گردد.

همچنین در حلقه تعادلی B2، با افزایش نرخ ارز و کاهش ارزش صادرات، تراز تجاری نیز کاهش می‌یابد. کاهش تراز تجاری موجب کاهش ذخایر ارزی و به دنبال آن کاهش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی می‌شود. با کاهش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، پایه پولی و در نتیجه نقدینگی کاهش می‌یابد. با کاهش نقدینگی نیز تورم کاهش می‌یابد. و در نهایت با کاهش تورم، نرخ ارز نیز کاهش می‌یابد. به

## مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

عبارتی دیگر، افزایش اولیه نرخ ارز در نهایت موجب کاهش تورم شده و در نتیجه کاهش تورم نیز موجب تعدیل این افزایش اولیه می‌گردد.



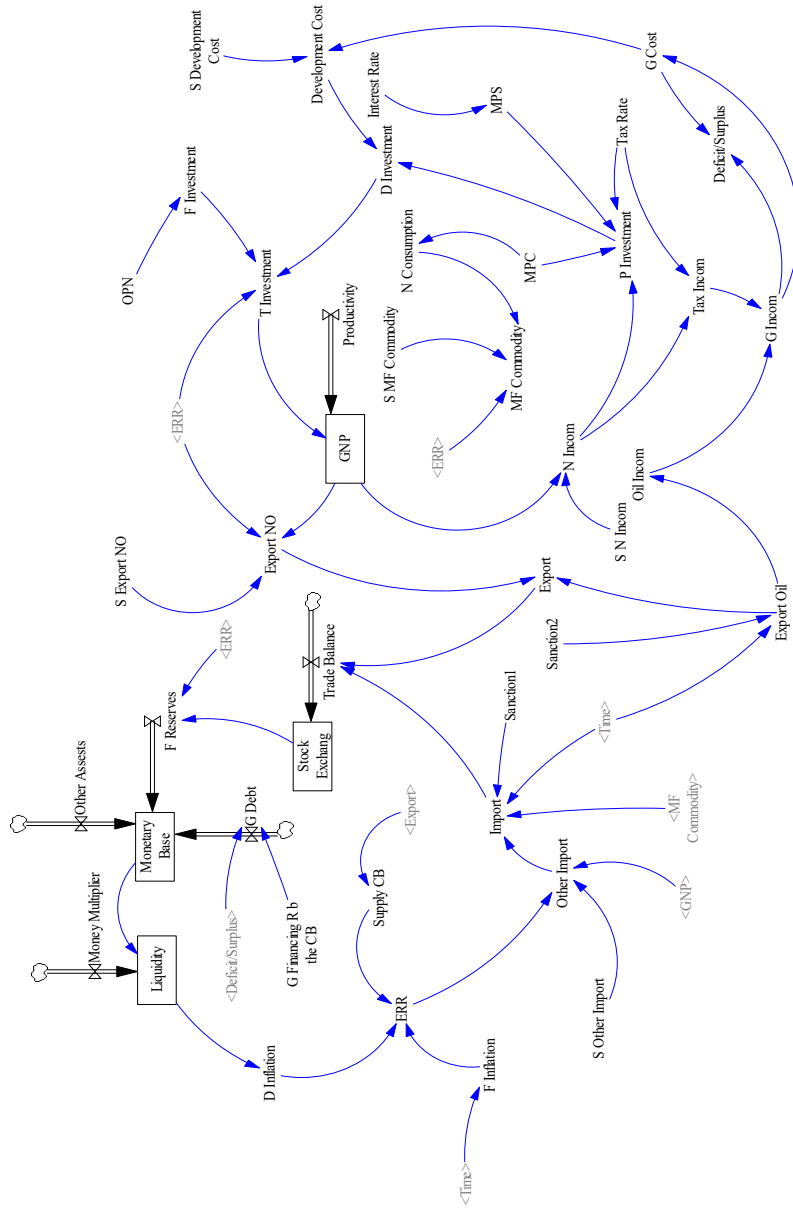
شکل ۷: حلقه‌های تقویت کننده R1 و تعدیل کننده B2 (صادرات)

پس از تعریف روابط بین متغیرها با در نظر گرفتن تمام عوامل موثر بر نرخ ارز، و حلقه‌های بازخوردی ایجاد شده در سیستم، در نهایت الگوی کلی سیستم نرخ ارز ترسیم شد (شکل ۸). این الگو نرخ ارز را بر مبنای تئوری برابری قدرت خرید<sup>۱۴</sup> (PPP) در نظر گرفته است. در این الگو با در نظر گرفتن قیمت ارز در یک سال پایه (سال ۱۳۸۳)، نرخ ارز در سال مورد نظر با توجه به نرخ تورم داخلی و نرخ تورم کشورهای شریک تجاری، به شکل (رابطه ۱) محاسبه شده است.<sup>۱۵</sup>

$$RER_t = NER * \frac{P_t^d}{P_t^f} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه  $RER_t$  نرخ ارز واقعی در سال  $t$ ،  $NER$  نرخ ارز اسمی سال پایه،  $P_t^d$  شاخص قیمت مصرف کننده در داخل کشور در سال  $t$  و  $P_t^f$  میانگین شاخص قیمت مصرف کننده در کشورهای شریک تجاری در سال  $t$  (سال پایه) است.



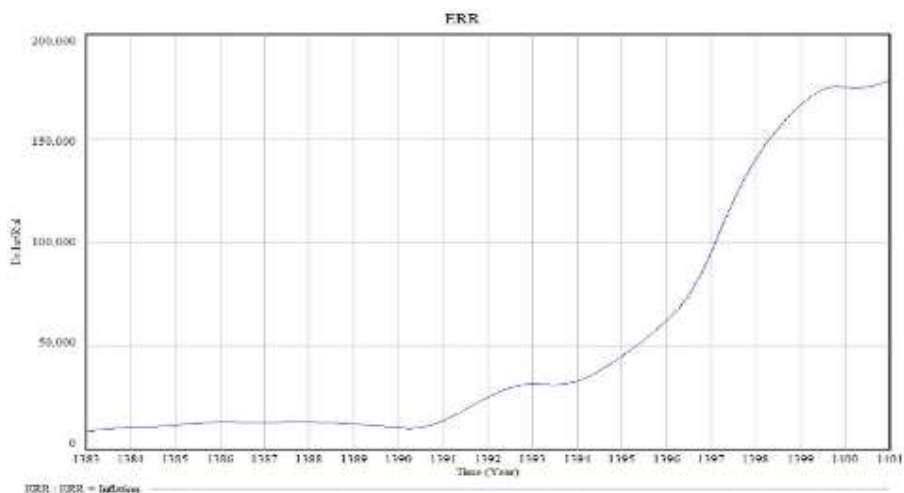


شکل ۸: نمودار جریان و حالت پژوهش و مدل سازی کلی

## مدل سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

### شبیه سازی و اعتبار سنجی الگوی مدل

پس از رسم روابط علت و معلولی و بررسی حلقه‌های تقویتی و تعادلی موجود در سیستم و همچنین تعیین جهت تاثیرگذاری متغیرها در سیستم، و در نهایت فرمول نویسی تمام متغیرها با توجه به مبانی نظری مربوط به هر متغیر، قیمت و روند تغییرات نرخ ارز به صورت ( شکل ۹) پیش‌بینی شد.



شکل ۹: پیش‌بینی روند تغییرات نرخ ارز

با مقایسه قیمت و روند پیش‌بینی شده در این پژوهش با روند و قیمت واقعی طی سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷، مشاهده میشود که روند پیش‌بینی شده دقیقاً مشابه روند واقعی است. حتی دو شکست (افزایش شیب) در سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۸-۱۳۹۷ نیز مشابه روند واقعی است. همچنین در مقایسه قیمت پیش‌بینی ارز با قیمت‌های واقعی، مشاهده میشود که قیمت پیش‌بینی، تقریباً برابر با قیمت‌های واقعی است. هرچند قیمت‌های واقعی اندکی کمتر از مقادیر پیش‌بینی شده دیده می‌شوند.

### اعتبار سنجی و مقایسه

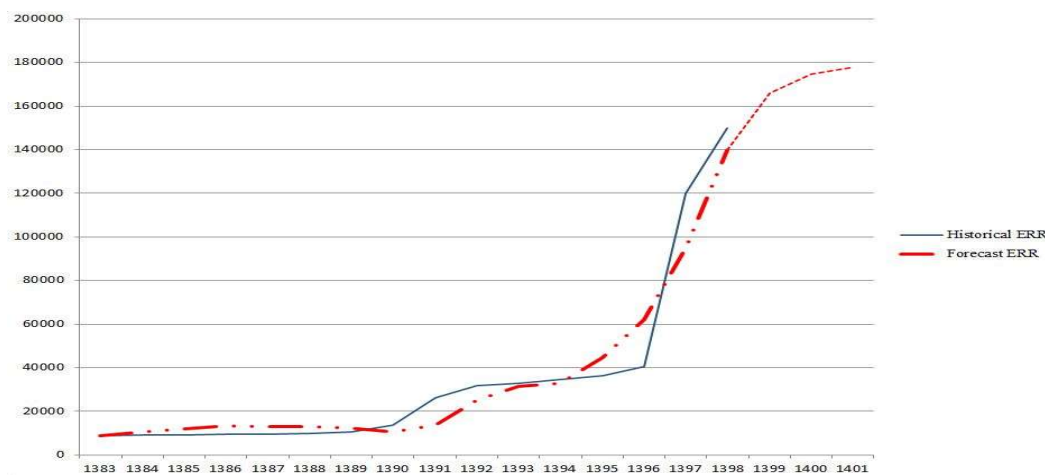
اعتبارسنجی مدل‌های پویایی‌های سیستم برای ایجاد اطمینان جهت درستی و سودمندی مدل در پیش‌بینی نرخ ارز است. اعتبارسنجی مدل‌های پویایی‌های سیستم از همان ابتدا در فرآیند مدل‌سازی می‌تواند مورد سنجش قرار گیرد. چرا که طی مراحل مدل‌سازی بررسی ساختار مدل و ساختار سیستم واقعی، بررسی ابعاد مختلف معادلات و هم‌خوانی آن‌ها با یکدیگر و همچنین بررسی این‌که آیا مدل ایجاد

## فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

شده برای دستیابی به هدف مورد نظر مناسب است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پس از تعریف روابط بین متغیرها، اعتبار الگوی طراحی شده، ارزیابی شد تا از عملکرد مطلوب آن اطمینان حاصل شود. برای الگوسازی رفتار متغیرهای الگوی پژوهش، داده‌های لازم از وب سایت‌های مرتبط به دست آمد و سپس در قالب روابط ریاضی و منطقی، بین متغیرها ارتباط برقرار شد. برای اطمینان از اعتبار عملکرد الگو و روابط تعریف شده، آزمون‌های متعددی با نرم افزار Vensim انجام شد که نتایج آن‌ها به شرح زیر است:

### آزمون رفتار مجدد:

هدف از این آزمون، مقایسه نتایج شبیه‌سازی با داده‌های واقعی برای اطمینان از صحت عملکرد رفتار الگو است. به عبارتی دیگر، در این حالت رفتار شبیه‌سازی شده برای الگو بازتولید می‌شود تا با داده‌های واقعی مقایسه شود. همان‌طور که در شکل (۱۰) ملاحظه می‌شود، اطلاعات واقعی و نتایج شبیه‌سازی متغیر ERR در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۸ نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد رفتار متغیر مورد بررسی، به خوبی شبیه‌سازی شده است.



شکل ۱۰: مقایسه روند پیش‌بینی شده و واقعی تغییرات نرخ ارز

میزان خطا در این روش براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sum \frac{(Y_t^S - Y_t^a)^2}{N}$$

که در این رابطه  $Y_t^S$  نتایج شبیه‌سازی شده،  $Y_t^a$  داده‌های واقعی و  $N$  تعداد مشاهدات می‌باشد.

### مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

هرچه میزان  $RMSE$  به صفر نزدیک تر باشد، به مفهوم خطای کمتر و نزدیک بودن به صد درصد نیز نشان دهند خطای بیشتر است.

نتایج حاصل از آزمون محاسبه خطا در جدول زیر نشان داده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده، میزان خطای متغیر مورد بررسی در سطح قابل قبولی است.

جدول ۲: نتایج آزمون آماری اعتبارسنجی الگو

متغیر	آزمون
۰,۰۱۲	RMSE

### نتیجه‌گیری و بحث

از آن‌جا که نرخ ارز نشان‌دهنده وضعیت اقتصادی یک کشور است، توجه بسیاری از اقتصاددانان و سیاست‌گذاران را به خود جلب کرده است. علاوه بر این، این شاخص به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تاثیرگذار بر بسیاری از متغیرهای کلان اقتصادی و همچنین در سطح خرد بر بنگاه‌ها شناخته شده است. بنابراین، بحث مدیریت نوسانات نرخ ارز که ریسک نوسانات نرخ ارز را به‌دنبال دارد امروزه بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در این زمینه راه‌کارهای متفاوتی وجود دارد که پیش‌بینی یکی از ابزارهای اساسی و کاربردی جهت مدیریت صحیح معرفی شده است.

در زمینه پیش‌بینی موضوع حائز اهمیت، دقت و اعتبار مدل است که مطالعات فراوانی پیرامون روش‌های الگوسازی و پیش‌بینی انجام شده است که هر روش دارای مزایا و معایبی است. در این پژوهش با توجه به تاثیرات متقابل عوامل موثر بر نرخ ارز و پویایی آن با استفاده از الگوی پویایی شناسی سیستم‌ها روند و قیمت نرخ ارز پیش‌بینی شد و برای اطمینان از صحت عملکرد مدل، نتایج پیش‌بینی شده با روند و قیمت واقعی نرخ ارز مقایسه شد که صحت عملکرد مدل را تایید می‌کند. دلیل استفاده از این روش این است که مدل‌های سیستم‌های پویا به خوبی می‌توانند مجموعه عوامل تاثیرگذار بر نرخ ارز را مورد بررسی قرار داده و اثر عوامل را در مدل آورد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی نرخ ارز و پیش‌بینی آن که با استفاده از نرم افزار Vensim انجام شده نشان می‌دهد که تا سال ۱۳۹۰ روند تغییرات نرخ ارز همانند روند نرخ واقعی به خوبی پیش‌بینی شده است و پس از آن با شدت گرفتن تحریم‌ها و محدودیت‌های واردات و صادرات شاهد یک جهش ارزی بودیم که در مدل پیش‌بینی شده به خوبی نشان داده شده است و این روند تقریباً مطابق با روند واقعی نرخ ارز می‌باشد. در این مدت دولت با سیاست سرکوب کردن نرخ ارز و همچنین اعمال

### فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

محدودیت‌هایی در میزان تقاضای ارز، سعی در کنترل نسبی نرخ ارز داشته که همین موضوع باعث ایجاد شکاف بین نرخ ارز پیش‌بینی شده و نرخ ارز بازار بوده است. از سال ۱۳۹۴ که توافق‌نامه برجام بین ایران و گروه ۵+۱ به نتیجه رسید، با برداشتن بخشی از تحریم‌ها توسط آمریکا و افزایش میزان صادرات نفتی و غیر نفتی، میزان عرضه ارز افزایش یافت و همین امر موجب توقف رشد نرخ ارز شد و تا اردیبهشت ۹۷ ثبات نسبی در بازار ارز برقرار بود تا اینکه با خروج آمریکا از برجام و تشدید تحریم‌ها، یک بار دیگر نرخ ارز جهش یافت. و این بار نیز در روند پیش‌بینی شده نرخ ارز مشاهده می‌شود که تقریباً برابر با روند واقعی نرخ ارز است.

پیشنهادهای پژوهش

پیشنهاد می‌شود که مطالعات بعدی اثر عوامل مهم تاثیرگذار بر نرخ ارز و میزان حساسیت آن را ارزیابی کرده تا بتوان جهت مدیریت صحیح نرخ ارز با توجه به این حساسیت اقدام کرد.

## مدل‌سازی نوسانات نرخ ارز با رویکرد پویایی‌های.../دمیری، سعیدی، دیده‌خانی و عباسی

### منابع

- ۱) آقایی، مجید؛ رضاقلی زاده، مهدیهو محمدرضایی، مجید. (۱۳۹۶). بررسی تاثیر تحریم های اقتصادی و تجاری بر روابط تجاری ایران و کشورهای شریک عمده تجاری. مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی.
- ۲) ابراهیمی، حسن. (۱۳۸۸). بررسی رابطه نوسانات نرخ ارز بر وضعیت باز ارزی بانک تجارت. مجله مطالعات مالی، (۱)، ۸۵ - ۱۱۰.
- ۳) احسانی‌فر، محمد و احتشامی‌رائی، رضا. (۱۳۹۴). پیش بینی نرخ ارز در بازار سرمایه با استفاده از مدل‌های میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته و شبکه عصبی (مطالعه موردی: دلار استرالیا، دلار کانادا، ین ژاپن و پوند انگلستان). فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۸(۲۷)، ۵۲-۳۵.
- ۴) ادیب پور، مهدی (۱۳۹۵). "سنجش تاثیر نااطمینانی نرخ ارز بر شاخص قیمت سهام شرکت‌های صنعتی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار." دوره ۱۱، شماره ۲۲، صفحه ۱۰۵-۱۳۱.
- ۵) اسلامی بیدگلی، غلامرضا؛ محمودی، وحید و سبحانی، سید محسن. (۱۳۹۱). بررسی رابطه بین کسری بودجه دولت، نقدینگی و تورم در ایران طی سال‌های ۵۷ تا ۸۷. فصلنامه دانش حسابرسی، ۱۲(۴۸)، ۱۰۹-۱۳۲.
- ۶) پژوهشکده پولی و بانکی (۱۳۹۴)، [www.mbri.ac.ir](http://www.mbri.ac.ir)
- ۷) خداویسی، حسن و ملابهرامی، احمد. (۱۳۹۱). مدل‌سازی و پیش‌بینی نرخ ارز بر اساس معادلات دیفرانسیل تصادفی. مجله تحقیقات اقتصادی، ۴۷(۳)، ۱۴۴-۱۲۹.
- ۸) رحمانی، تیمور و معتمدی، سیما. (۱۳۹۷). تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تشکیل سرمایه، بهره‌وری نیروی کار و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه. فصلنامه علمی-پژوهشی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۸(۳۰)، ۱۱۷-۱۳۲.
- ۹) سپهوند، احسان؛ نیرومند، روح‌الله و زارع مهاجری، محمد رضا. (۱۳۹۳). تعیین عوامل مؤثر بر نرخ ارز در ایران. فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی، ۹(۳۲)، ۴۲-۲۳.
- ۱۰) شاه‌حسینی، سمیه و رضایی‌علی. (۱۳۹۶). پیش‌بینی نرخ رسمی ارز در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون ARIMA همراه با عامل‌های مداخله‌ای و مقایسه‌ی آن با مدل گام تصادفی. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۲(۱)، ۸۰-۵۱.
- ۱۱) شریف‌آزاده، محمدرضا و حقیقت، علی. (۱۳۸۴). عوامل مؤثر بر نرخ ارز در ایران. اقتصاد و مدیریت، ۶۶، ۴۳-۳۱.

## فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار / شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

- (۱۲) شریفی رنانی، حسین؛ میرفتاح، مریم؛ دایی کریم زاده، سعید؛ و رضایی، حسین. (۱۳۹۴). تأثیر نوسانات نرخ ارز بر جریان سرمایه گذاری مستقیم خارجی در ایران. دوفصلنامه اقتصاد پولی، مالی، (۱۰)، ۱۷۸ - ۱۵۲.
- (۱۳) شیرازی، همایون و نصراللهی، خدیجه. (۱۳۹۲). مدل های پولی و پیش بینی نرخ ارز در ایران: از تئوری تا شواهد تجربی. فصلنامه سیاست های مالی و اقتصادی، ۱(۴)، ۲۴-۵.
- (۱۴) صمدی، علی حسین؛ مصلح شیرازی، علی نقی و روحی، آناهیتا. (۱۳۹۱). طراحی یک مدل دینامیک برای صنعت گردشگری در ایران با استفاده از رویکرد پویایی شناسی سیستم برای افق ایران ۱۴۰۴. فصلنامه علمی-پژوهشی مدل سازی اقتصادی، ۶(۱۷)، ۶۵-۸۹.
- (۱۵) غلامی جعفر آبادی؛ فطرس، محمد حسن. (۱۳۹۵). بررسی تاثیر تغییر سیاست های ارزی بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران. مجله اقتصادی، (۹ و ۱۰)، ۲۳-۵۱.
- (۱۶) فدایی، علیرضا؛ مطلبی زاده، نوید؛ تبارکی، بهناز؛ و میرزایی، سحر. (۱۳۹۱). بررسی نوسانات نرخ ارز با مدل های ARCH و GARCH. اولین همایش بین المللی اقتصاد سنجی، روشها و کاربردها، ۱۳۹۱.
- (۱۷) گرینی، مصطفی؛ گلستانی، شهرام؛ و حاج عباسی، فاطمه. (۱۳۹۱). مقایسه توانایی پیش بینی مدل های VAR، ARIMA و شبکه های عصبی (ANN) در تقاضای نفت اوپیک. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱(۴)، ۱۴۵ - ۱۶۸.
- (۱۸) لطفعلی پور، محمدرضا؛ زین الیان، اکرم و اشرافی بجستان، نازگل. (۱۳۹۱). بررسی تأثیر کاهش موانع تعرفه ای بر واردات کل کالا در ایران با استفاده از مدل ARDL باند. راهبرد اقتصادی، ۱(۳)، ۱۴۷-۱۱۹.
- (۱۹) منافی انور، وحید؛ خداداد کاشی، فرهاد؛ بیابانی، جهانگیر و پاسبان، فاطمه. (۱۳۹۴). فصلنامه علوم اقتصادی، ۹(۳۲)، ۲۳-۱.
- (۲۰) نصراللهی، خدیجه؛ مقدس فر، سمانه و مستولی زاده، سید محمد. ۱۳۹۲. تعیین نرخ تعادلی ارز و تأثیر انحرافات آن از نرخ واقعی بر بخش های چهارگانه اقتصاد ایران. مجله اقتصاد، ۱۳(۹ و ۱۰)، ۲۲-۵.
- (۲۱) ورتابیان کاشانی، هادی. (۱۳۹۲). تحلیل منشأ نوسانات نرخ ارز طی سال های (۱۳۹۱-۱۳۸۹). فصلنامه سیاست های مالی و اقتصادی، ۱(۴)، ۱۵۴-۱۳۱.
- (۲۲) ولیان، حسن؛ عبدلی، محمدرضا و کابوسی، مهدی. (۱۳۹۲). بررسی ارتباط نرخ بهره با نرخ ارز بر اساس تئوری بین المللی فیشر در اقتصاد ایران. فصلنامه علوم اقتصادی، ۷(۲۲)، ۱۱۴-۹۲.
- (۲۳) یارمحمدی، مسعود، محمودوند، رحیم. (۱۳۹۵). پیش بینی نرخ ارز با استفاده از روش تحلیل مجموعه ای مقادیر تکین، فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۵(۱۸)، ۱۳۷-۱۴۶.

- 24) Çehreli, C., Dursun, İ., & Barlas, Y. (2017). Modeling and Analysis of the Speculative Dynamics of Currency Exchange Rates: A Case Study from Turkey. In Proceedings of 35th International Conference of System Dynamics Society.
- 25) Dornbusch, R., & Fischer, S. (1980). Exchange rates and the current account. *The American Economic Review*, 70(5), 960-971.
- 26) Forrester, J. W. (1997). *Building a system dynamic model*. Prepared for the MIT System Dynamic in Education Project, Massachusetts Institute of Technology.
- 27) Kim, Ki-ho. (2003) . Dollar exchange rate and stock price: evidence from multivariate cointegration and error correction model. *Review financial economics*, 21, 301-313.
- 28) Li, D., Moshirian, F., Wee, T., & Wu, E. (2009). Foreign exchange exposure: Evidence from the US insurance industry. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 19(2), 306-320.
- 29) -Li, J., Tsiakas, I., Wei. W, (2015). Predicting Exchange Rates Out of Sample: Can Economic Fundamentals Beat the Random Walk?. *Journal of Financial Econometrics*. 13(2). 293-341.
- 30) Oyewale, A. M. (2013). Evaluation of artificial neural networks in foreign exchange forecasting. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 2(4), 94-101.
- 31) -Rajashree, D.(2018). Performance Analysis of a Higher Order Neural Network with an Improved Shuffled Frog Leaping Algorithm for Currency Exchange Rate Prediction. *Applied Soft Computing Journal* <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.02.043>.
- 32) <https://www.cbi.ir/>
- 33) <https://databank.mefa.ir/>
- 34) <https://www.worldbank.org/>
- 35) -Yoke, L. Y., Yunli, L., Xiaowei, G., Plamen, P., Angelov, D., Chek, L., N., Elnaz, Sh. (2018). Foreign currency exchange rate prediction using neuro-fuzzy systems. *Procedia Computer Science*, 144, 232–238.



- 
- 1 Li et al
  - 2 Kim
  - ۳ . Autoregressive Integrated Moving Average
  - ۴ . Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
  - ۵ . Vector Auto regression
  - ۶ . System Dynamics Methodology
  - ۷ .Dornbusch and Fischer
  - ۸ Forrester
  - 9 Yong
  - 10 Rajashree
  - 11 . Ceren et all
  - 12 Li, , Tsiakas, and Wang
  - ۱۳ Kia
  - ۱۴ Purchasing Power Parity
  - ۱۵ Mankiw (2010); 134