

بررسی تأثیر نااطمینانی نرخ ارز بر رشد اقتصادی ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی

## Investigation the Impact of Exchange Rate Uncertainty on Economic Growth in Iran by Neural Networks

Mojtaba Kazemi \*, Seyed Abdolmajid Jalaei

Esfand Abadi \*\*, Hossein Akbari Fard \*\*\*

مجتبی کاظمی\*، سید عبدالمجید جلالی اسفندآبادی\*

حسین اکبری فرد\*\*\*

Received: 30/Sep/2013

Accepted: 12/Jun/2013

پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۲۲

دریافت: ۱۳۹۲/۷/۸

### چکیده:

### Abstract:

In this paper, in order to empirically examine and predict the effect of exchange rate uncertainty on economic growth in Iran over the period 1959 to 2010, econometrics methods and artificial neural network are applied. For this purpose, at first the exchange rate uncertainty is calculated by the generalized autoregressive conditional heteroskedasticity (GARCH) method. Then the impact of exchange rate uncertainty on economic growth in Iran has been tested. For this purpose, the proper network, in according to valuation criterions like determination coefficient and mean square of error were determined. Then research hypothesis has been investigated by attention to trained artificial neural network. The results indicate that exchange rate uncertainty has had a weak negative effect on Iran economic growth in recent years. Of course, it is expected that this effect in the future to be significantly stronger.

در این تحقیق سعی شده است که به طور تجربی به بررسی و پیش‌بینی تأثیر نااطمینانی نرخ ارز بر رشد اقتصادی ایران برای دوره ۱۳۳۸-۱۳۸۹ با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته شود. برای این منظور در ابتدا نااطمینانی نرخ ارز با به‌کارگیری الگوی واریانس ناهمسانی شرطی اتورگرسیو تعمیم‌یافته (GARCH)، محاسبه شده است. سپس تأثیر این نااطمینانی در نرخ ارز بر رشد اقتصادی ایران با توجه به شبکه‌های عصبی مصنوعی، مورد آزمون قرار گرفته است. برای این مهم، نخست شبکه مناسب از نظر معیارهای ارزیابی همچون ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا، تبیین و سپس با توجه به شبکه آموزش دیده به بررسی فرضیه تحقیق پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که نااطمینانی نرخ ارز تأثیر منفی اما خفیف روی رشد اقتصادی ایران در طی سال‌های اخیر داشته است اما انتظارات بر آن است که این تأثیر در سال‌های آتی، از معناداری بالاتری برخوردار باشد.

کلمات کلیدی: نااطمینانی نرخ ارز، الگوی GARCH، رشد اقتصادی

ایران، شبکه عصبی مصنوعی.

طبقه بندی JEL: F31، F36، C53.

**Keywords:** Exchange Rate Uncertainty, GARCH Method, Artificial Neural Network, Economic Growth.

**JEL:** F31, F36, C53.

\* دانشجوی دکتری دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)

Email: Mojtaba\_skr@yahoo.com

\*\* دانشیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

Email: Jalaei44@gmail.com

\*\*\* استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

Email: Akbari45@gmail.com

\* Ph.D. Student, Yazd University, Yazd, Iran (Corresponding Author).

\*\* Associate Professor, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

\*\*\* Assistant Professor, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.



## ۱. مقدمه

در ادبیات اقتصادی، از چندین دهه گذشته تا به حال مبحث رشد اقتصادی، حوزه پویای مطالعات و تحقیقات اقتصاد کلان را به خود اختصاص داده است. اقتصاددانان پیوسته در تلاش هستند تا با استفاده از مدل‌سازی نظری و تجزیه و تحلیل تجربی، عوامل مؤثر بر رشد را شناسایی کنند. اساساً در زمینه رشد، سه مدل عمده وجود دارد که عبارتند از مدل رشد هارود<sup>۱</sup>-دومار<sup>۲</sup>، مدل رشد نئوکلاسیک و مدل‌های رشد درون‌زا. تلاش هارود-دومار انگیزش اساسی را در زمینه شکل‌گیری نظریات رشد فراهم کرد. پس از آن نظریات سولو<sup>۳</sup> با تغییر برخی از فروض نظریه هارود-دومار، محور و هسته مدل‌های رشد نئوکلاسیک گردید که این مدل‌ها به دلیل سادگی و سهولت کاربرد، مورد استفاده بسیاری از کشورهای در حال توسعه قرار گرفتند. در این چارچوب، رشد پایدار به پیشرفت فنی و رشد جمعیت بستگی دارد که هر دو نسبت به مدل برون‌زا هستند. سپس در پاسخ به کاستی‌های مدل رشد نئوکلاسیک، افرادی مانند لوکاس<sup>۴</sup>، رومر<sup>۵</sup> و بارو<sup>۶</sup> الگوهای طراحی کردند که در آن‌ها رشد یکنواخت می‌تواند به طور درون‌زا تحقق یابد (گرچی و مدنی، ۱۳۸۲: ۱).

نرخ ارز متغیری است که بیش از سایر متغیرها با بخش خارجی اقتصاد ارتباط مستقیم و تنگاتنگ دارد. امروزه، ارزش پول کشورها نه تنها تحت تأثیر سیاست‌های داخلی هر کشور است، بلکه نوسانات ارزی در بازارهای جهانی نیز بر ارزش پول و به تبع آن بر تجارت خارجی آن‌ها مؤثر می‌باشد. نرخ ارز یکی از مهم‌ترین متغیرها در تعیین قیمت صادرات و واردات است. بنابراین عدم اطمینان در نرخ ارز باعث عدم اطمینان در قیمت‌های آتی کالاها و خدمات می‌شود. از آنجا که عوامل اقتصادی تصمیم‌گیری‌های خود را در زمینه‌های تولید، سرمایه‌گذاری و مصرف بر پایه اطلاعاتی که سیستم قیمت‌ها برای آن‌ها فراهم می‌سازد پی‌ریزی می‌کنند، لذا در صورتی که قیمت‌ها نااطمینان پیش‌بینی شوند کیفیت این تصمیم‌گیری‌ها

کاهش خواهد یافت. نااطمینانی نرخ ارز هم بخش تقاضای کل اقتصاد را از مسیر خالص صادرات و تأثیرگذاری بر ذخایر بانک مرکزی و نیز بخش عرضه اقتصاد را از مسیر کالاهای واسطه‌ای وارداتی تحت تأثیر قرار می‌دهد. ریسک ناشی از نااطمینانی نرخ ارز از جمله مقولاتی است که همواره به عنوان مشکلی برای اقتصاد کشور، خصوصاً بخش تجارت خارجی مطرح بوده است (مرادپور اولادی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۵۹).

شبکه عصبی به عنوان یکی از پر استفاده‌ترین روش‌ها در زمینه طبقه‌بندی، تشخیص الگو و پیش‌بینی سری زمانی می‌باشد. قدرت بالای تشخیص انواع الگوهای موجود در داده‌های بازار، تقریب توابع پیچیده، پایداری و انعطاف‌پذیری آن در برابر اختلالات داده‌ها، از مشخصات بارز و قدرتمند شبکه‌های عصبی می‌باشد. به طوری که دومین زمینه پرکاربرد استفاده از شبکه‌های عصبی را پیش‌بینی سری زمانی به خود اختصاص داده است. این همه مزیت و در کنار آن ضعف مفروضات روش‌های خطی در جهت بررسی الگوهای موجود در یک سری داده‌های غیرخطی و عدم پایداری این روش‌ها در برابر اختلالات در داده‌های جهان واقعی، شبکه‌های عصبی را به عنوان روشی پیشرو در پیش‌بینی انواع سری‌های زمانی مبدل کرده است (پورکازمی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۳۳).

انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی وجود دارد که با توجه به اهداف تحقیق می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند که در این تحقیق از شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور استفاده شده است. شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با استفاده از ناظر است.

یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های شبکه عصبی، کشف الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا برای تنظیم وزن‌های ارتباط دهنده در شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور است. در این الگو قبل از شروع آموزش شبکه، وزن‌های ارتباط دهنده واحدهای پردازش‌گر شبکه عصبی چند لایه به صورت تصادفی مقداردهی می‌شوند. در مرحله بعد، بردارهای ورودی الگوهای آموزش دهنده به شبکه طراحی شده و سپس با پیشرفت در شبکه، خروجی شبکه محاسبه می‌شود. خروجی‌های مطلوب واحدهای پردازش‌گر لایه خروجی با خروجی محاسبه شده توسط شبکه مقایسه و مقدار

1. Harrod
2. Domar
3. Solow
4. Lucas
5. Romer
6. Barro

پژوهش‌های مربوط به برآورد نرخ ارز واقعی، اندازه‌گیری نااطمینانی آن و نیز رابطه آن با عملکرد اقتصاد کلان سابقه چندان‌ی در داخل کشور ندارد.

## ۱.۲. مطالعات داخلی

مقاله‌ای که توسط مرادپوراوولادی و همکاران نوشته شده، اثر نوسانات نرخ ارز را بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی مورد بررسی قرار داده است. در این مقاله نرخ ارز و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و روند تغییرات آن‌ها برای دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۳۵۳ نشان از تأثیر معنادار و منفی نااطمینانی نرخ ارز واقعی بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی دارد (مرادپوراوولادی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۵۹).

کازرونی و دولتی در تحقیقی مشابه به بررسی رابطه بین نااطمینانی نرخ ارز واقعی و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۴۰ پرداخته‌اند. در این تحقیق به منظور به‌دست آوردن رابطه بین نااطمینانی نرخ ارز واقعی و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، الگوی ARDL به‌کار گرفته شده است. نتایج تخمین حاکی از منفی بودن اثر نااطمینانی نرخ ارز واقعی بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در کوتاه‌مدت و بلندمدت است (کازرونی و دولتی، ۱۳۸۶: ۲۸۳).

احسانی و همکاران اثر بی‌ثباتی نرخ ارز موزون واقعی بر صادرات غیرنفتی ایران طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۳۸ را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق برای کمی کردن بی‌ثباتی نرخ ارز از دو شاخص انحراف معیار شرطی و انحراف معیار میانگین متحرک استفاده شده است. روش اقتصادسنجی مورد استفاده تکنیک جوهانسون-جوسیلیوس و روش خود بازگشت با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) می‌باشد. بر اساس یافته‌های تحقیق، اثر مثبت نرخ ارز و اثر منفی بی‌ثباتی آن بر صادرات غیرنفتی مورد تأیید قرار گرفته است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۳).

همچنین پدرام و همکاران اثرات نامتقارن نوسانات نرخ ارز بر قیمت کالاهای صادراتی را از فروردین ۱۳۷۶ تا آذر ۱۳۸۹ مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این راستا تکانه‌های مثبت و منفی

خطا بر اساس توابعی مثل میانگین مربعات خطا و مجموع مربعات خطا محاسبه می‌شود. در نهایت از این خطا به عنوان معیاری برای تنظیم وزن‌های ارتباط دهنده لایه خروجی و دیگر لایه‌ها استفاده می‌شود. میزان تابع خطا نشان دهنده همگرایی شبکه آموزش داده شده در هر مرحله از آموزش است و خطای شبکه در هر مرحله از طریق تنظیم و اصلاح وزن‌های ارتباط دهنده واحدهای مختلف کاهش می‌یابد (قره‌آغاجی و همکاران، ۱۳۸۴: ۲۴۱).

با توجه به ساختار بازار ارز در ایران و همچنین تناقضی که در ارزش‌گذاری پول ملی وجود دارد که از یک طرف اگر نرخ ارز را بازار ارز تعیین کند کمتر از حد و اگر بر اساس تصمیمات صادراتی دولت تعیین شود بیشتر از حد تعیین می‌گردد، لذا در این صورت نوعی نااطمینانی در نرخ ارز شکل گرفته و می‌گیرد. حال مسئله اصلی این است که این نااطمینانی چه تأثیری می‌تواند بر رشد اقتصادی داشته باشد، پیش‌بینی و بررسی تأثیر نااطمینانی نرخ ارز از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود.

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است. بخش بعدی به بررسی اجمالی پژوهش‌های صورت گرفته پیرامون موضوع تحقیق اختصاص یافته است. در بخش سوم مبانی نظری تحقیق بیان شده است. بخش چهارم مدل مناسب برای بررسی موضوع تحقیق و همچنین تخمین مدل را معرفی کرده و در انتها، بخش پنجم نتیجه‌گیری حاصل از تخمین مدل را ارائه می‌کند.

## ۲. پیشینه تحقیق

نرخ ارز از جمله موضوعاتی است که به دلیل تأثیرپذیری و تأثیرگذاری روی بسیاری از متغیرهای اقتصادی، حجم زیادی از مطالعات تجربی در اقتصاد بین‌الملل را به خود اختصاص داده است. تنوع و امکان بسط مباحث نرخ ارز و بررسی ارتباط آن با متغیرهایی نظیر سرمایه‌گذاری، تجارت خارجی و رشد اقتصادی، سبب گردیده تا کاوش‌های نظری و تجربی بسیاری در این زمینه صورت گیرد. مروری بر مطالعات مربوط به رشد اقتصادی ایران، حاکی از طیف گسترده‌ای از مطالعات انجام شده در دوره‌های زمانی مختلف و با روش‌های متفاوت است اما



پدرام طی مطالعه‌ای رابطه بین بازارهای سهام و بازار ارز را بررسی می‌کند و تعیین می‌کند که آیا در ایران، نرخ‌های ارز اثری بر بازار سهام دارند یا خیر. مدل ناهمسانی واریانس خودبازگشت شرطی تعدیل شده نمایی (EGARCH) برای تشخیص رابطه بین تغییرات نرخ ارز و بازار سهام استفاده شده است. در این پژوهش دریافت که رابطه مثبتی میان تغییرات نرخ ارز و بازدهی‌های بازار سهام وجود دارد (پدرام، ۱۳۹۰: ۸۳).

توکلی و سیاح تأثیر نوسانات نرخ ارز بر تولید واقعی و ارزش واقعی اقلام تشکیل دهنده تقاضای کل کشور را بررسی کرده‌اند. با استفاده از اطلاعات سالانه در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۳۹ و با کمک روش اقتصادسنجی، سیستم معادلات شبه مرتبط برآورد می‌گردد. نتایج حاصل از شوک مثبت (کاهش نرخ ارز یا بهبود ارزش پول کشور)، شوک منفی (افزایش نرخ ارز یا کاهش ارزش پول کشور) و اعمال سیاست‌های مالی و پولی نشان می‌دهند که:

- ۱- تأثیر حاصل از افزایش نرخ ارز (شوک منفی) بر سطح مخارج خانوارها و سطح صادرات چشمگیر است. با افزایش نرخ ارز (کاهش ارزش پول کشور)، صادرات غیرنفتی، واکنش منفی؛ و مخارج خانوارها واکنش مثبتی را نشان می‌دهند.
- ۲- واردات کشور نسبت به نوسانات نرخ ارز تأثیر قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. اثر مخارج دولت بر واردات، مثبت و در مقایسه با اعمال سیاست انبساط پولی تأثیر بیشتری را نشان می‌دهد.
- ۳- نوسانات نرخ ارز تأثیر چندانی بر تولید واقعی کشور و سرمایه‌گذاری خصوصی ندارد (توکلی و سیاح، ۱۳۸۹: ۵۹).

## ۲.۲. مطالعات خارجی

دوماک و شابسیز<sup>۲</sup> به بررسی اثر انحراف نرخ ارز روی رشد اقتصادی کشورهای مصر، اردن، مراکش و تونس پرداخته‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که انحراف نرخ ارز تأثیر منفی بر رشد اقتصادی این کشورها داشته است. به‌علاوه نتایج به اهمیت دیگر عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی، خصوصاً رشد سرمایه و رشد جمعیت اشاره می‌کند (دوماک و شابسیز، ۱۹۹۹: ۴۰). همچنین

نرخ ارز با معیار مورک<sup>۱</sup> و تغییرات زیاد و اندک نرخ ارز با تعیین یک حد آستانه از یکدیگر تفکیک شده است. نتایج حاکی از آن است که واکنش قیمت‌های صادراتی به افزایش و کاهش ارزش پول نامتقارن است. به طوری که عکس‌العمل قیمت‌های صادراتی نسبت به شوک‌های منفی نرخ ارز (کاهش ارزش پول) بیشتر از شوک‌های مثبت (افزایش ارزش پول) است (پدرام و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۶۶).

کمیجانی و ابراهیمی به بررسی نقش سطوح توسعه مالی در رابطه بین نوسانات نرخ ارز و رشد بهره‌وری نیروی کار برای ۳۶ کشور در حال توسعه در دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ می‌پردازند. نتایجی که از برآورد روش پانل پویا GMM به دست می‌آید نشان می‌دهد اثر نوسانات نرخ ارز بر رشد بهره‌وری نیروی کار در سطح توسعه مالی پایین منفی بوده و از یک سطح توسعه مالی به بالا شاهد اثر مثبت نوسانات نرخ ارز بر رشد بهره‌وری نیروی کار هستیم. همچنین اثر منفی نوسانات نرخ ارز در سطح توسعه مالی پایین و اثر مثبت نوسانات نرخ ارز در سطح توسعه مالی بالا بر روی رشد اقتصادی نیز وجود دارد (کمیجانی و ابراهیمی، ۱۳۹۲: ۱).

همچنین سحابی و همکاران رابطه بین نااطمینانی نرخ ارز واقعی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در ایران را طی دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۶۰ بررسی کرده‌اند. در این ارتباط، ابتدا شاخص نااطمینانی نرخ ارز ناشی از نوسان پذیری نرخ ارز واقعی از طریق الگوی واریانس ناهمسانی شرطی اتورگرسیون تعمیم یافته (GARCH) محاسبه گردید و به عنوان متغیر جایگزین نااطمینانی نرخ ارز واقعی در نظر گرفته شد. آنگاه برای به دست آوردن رابطه بین نااطمینانی نرخ ارز واقعی و FDI از روش خودبازگشتی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) با معیار تعیین شوارتز - بیزین استفاده شده است. بر اساس برخی از نتایج این مطالعه نوسانات نرخ ارز بر FDI بی‌تأثیر بوده است. همچنین FDI با تورم، نرخ ارز با وقفه و موجودی سرمایه با وقفه رابطه معکوس و با شاخص حکمرانی خوب و نیروی انسانی رابطه مستقیم داشته است (سحابی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۷).

2. Domac and Shabsigh (1999)

1. Mork criteria

باشد (باگلا و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۱۴۹). در مقاله‌ای که توسط رحمان و سرلتیس<sup>۶</sup> نوشته شده است با استفاده از روش حداکثر درست نمایی با اطلاعات کامل اثر ناطمینانی نرخ ارز را روی صادرات بررسی کرده‌اند. شاخصی که میزان ناطمینانی نرخ ارز را محاسبه می‌کند، انحراف استاندارد شرطی از خطای پیش‌بینی تغییر در نرخ ارز، می‌باشد. در این مقاله اثرات ناطمینانی نرخ ارز روی صادرات از هم تفکیک شده‌اند و همچنین مورد آنالیز قرار گرفته شده که چطور صادرات به شوک‌های نرخ ارز واکنش نشان می‌دهد. سپس مدلی با استفاده داده‌های ماهیانه برای آمریکا روی دوره‌ای که نظام نرخ ارز شناور حاکم بوده (از ۱۹۷۳)، برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که ناطمینانی نرخ ارز یک اثر منفی و معنادار روی صادرات آمریکا داشته است (رحمان و سرلتیس، ۲۰۰۹: ۵۰۰). همچنین سان و همکاران<sup>۷</sup> در مقاله‌ای به بررسی اثر ناطمینانی نرخ ارز روی تجارت جهانی گندم پرداخته‌اند. در این مقاله میزان ناپایداری نرخ ارز در کوتاه‌مدت و بلندمدت محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. هر دو میزان ناپایداری نرخ ارز، اثرات منفی روی تجارت جهانی گندم را، با اثری حتی بزرگ‌تر در بلندمدت، ارائه داده‌اند (سان و همکاران، ۲۰۰۲: ۱). در مقاله‌ای که توسط اشنابل<sup>۸</sup> نوشته شده، ناپایداری نرخ ارز و رشد در اقتصادهای باز کوچک منطقه یورو مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مقاله آمده که بعد از معرفی یورو در ژانویه ۱۹۹۹، پایداری نرخ ارز در منطقه یورو در حال افزایش است. این مقاله اثر پایداری نرخ ارز را روی رشد اقتصادی برای ۴۱ اقتصاد باز کوچک بررسی می‌کند و از تجارت بین‌المللی، تحرکات بین‌المللی سرمایه و ثبات اقتصادی به عنوان مهم‌ترین مجراهای اثرگذاری پایداری نرخ ارز روی رشد، یاد شده است. برآوردهای پانل حاصل از این مطالعه آشکار می‌کند که رابطه قوی منفی بین ناپایداری نرخ ارز و رشد اقتصادی وجود دارد (اشنابل، ۲۰۰۸: ۷۰). همچنین در مقاله‌ای مشابه که توسط بوم و کاگلایان<sup>۹</sup>، تحت عنوان ناپایداری جریان‌ات تجارت بین‌المللی و ناطمینانی نرخ ارز، نوشته شده،

گرینوی و همکاران<sup>۱</sup> با استفاده از داده‌های بنگاه‌های تولیدی در بریتانیا، اثرات ناطمینانی نرخ ارز روی تصمیمات برای ورود به بازار صادرات و کشش صادرات را آزمون کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ناطمینانی نرخ ارز اثر کمی روی مشارکت در صادرات بنگاه‌ها دارد اما یک اثری معنادار روی کشش صادرات داشته است (گرینوی و همکاران، ۲۰۰۸: ۸). هروارتز و وبر<sup>۲</sup> تحت عنوان ناطمینانی نرخ ارز و رشد تجاری، مدل‌های خطی و غیرخطی را مقایسه می‌کنند. در این مقاله اثر ناطمینانی نرخ ارز روی صادرات و واردات منطقه‌ای چندجانبه برای ۱۵ کشور صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج از وجود رابطه غیرخطی بین ناطمینانی نرخ ارز و رشد تجاری حکایت دارد (هروارتز و وبر، ۲۰۰۷: ۱). همچنین رویز<sup>۳</sup> اثرات تورم و ناطمینانی نرخ ارز را روی فعالیت‌های واقعی اقتصاد آزمون کرده است. با استفاده از مدل GARCH، اندازه انحرافات نرخ ارز محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که ناطمینانی نرخ ارز هیچ اثری روی تولید یا صادرات نداشته است و تنها ناطمینانی در مورد تورم است که روی تولید اثر منفی داشته است (رویز، ۲۰۰۵: ۷). به‌علاوه هدف از مقاله‌ای که توسط بکر و هال<sup>۴</sup> نوشته شده این است که نقش ناطمینانی نرخ ارز را روی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در برنامه تحقیق و توسعه صنایع در بریتانیا با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی، بررسی کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که یک افزایش در ناپایداری نرخ ارز دلار-یورو گرایش به جابجایی سرمایه‌گذاری روی برنامه تحقیق و توسعه از منطقه اروپا به بریتانیا دارد (بکر و هال، ۲۰۰۴: ۱). همچنین در مقاله‌ای که توسط باگلا و همکاران<sup>۵</sup> گردآوری شده است، با به کارگیری یک شاخص مناسب برای نرخ ارز واقعی که در آن نرخ ارزهای دوطرفه برای بخش‌های وابسته به صورت وزنی می‌باشند، نتیجه شده است که ناپایداری نرخ ارز واقعی اثر معناداری روی رشد درآمد سرانه دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که این اثر (هزینه ناپایداری) می‌تواند با یک اثر منفی و معنادار روی رشد، ناشی از اتخاذ یک نظام نرخ ارز ثابت مطابق

6. Rahman and Serletis (2009)  
7. Sun et al. (2002)  
8. Schnabl (2008)  
9. Baum and Caglayan (2009)

1. Greenaway et al. (2008)  
2. Herwartz and Weber (2007)  
3. Ruiz (2005)  
4. Becker and Hall (2004)  
5. Bagella et al. (2006)



نوشته شده است به طور تجربی اثر ناپایداری نرخ ارز واقعی را روی جریان‌های صادراتی هشت کشور آمریکای لاتین به طور فصلی برای دوره ۲۰۰۴-۱۹۷۳ بررسی کرده است. نتایج اصلی این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش در ناپایداری نرخ ارز واقعی و نااطمینانی نرخ ارز، اثر منفی معناداری روی تقاضای صادرات در کوتاه‌مدت و بلندمدت در هر یک از هشت کشور آمریکای لاتین دارد (آریز و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۳). به علاوه این مقاله که توسط آریستوتلس<sup>۴</sup> نوشته شده است، اثر ناپایداری نرخ ارز و نظام‌های ارزی را روی صادرات انگلیس به آمریکا با استفاده از داده‌های مربوط به دوره ۱۹۹۹-۱۸۸۹ بررسی می‌کند. یافته‌های تجربی بیان می‌کنند که هیچ یک از متغیرهای ناپایداری نرخ ارز و اختلاف نظام‌های ارزی، اثری روی حجم صادرات برای دوره مورد بررسی نداشته است (آریستوتلس، ۲۰۰۱: ۸۷).

### ۳. مبانی نظری

#### ۱.۳. مدل‌سازی شبکه عصبی

در یک شبکه عصبی نمونه، اطلاعات و پارامترهای ورودی، هرکدام به شکل یک سیگنال الکتریکی تحریکی به کانال‌های ورودی مدل ریاضی سلول عصبی وارد می‌شوند. مدل ریاضی یک سلول عصبی را یک پرسپترون<sup>۵</sup> می‌نامند. هر یک از کانال‌های ورودی دارای یک ضریب عددی هستند. شدت تحریک الکتریکی در این ضریب ضرب می‌شود و به جسم سلولی می‌رسد. اگر مجموع تحریکات رسیده شده به جسم سلولی کافی باشد، نرون شلیک می‌کند و در مسیرهای خروجی (شبه آکسون‌ها) جریان الکتریکی ثابتی را ایجاد می‌کند. تحریکات لایه ورودی سلول‌ها به یک یا چند لایه واسط می‌رود که به نام لایه‌های مخفی موسوم هستند. ادامه جریان تحریکات در این لایه‌ها طوری هدایت می‌شود که پیچیدگی‌های تأثیرات جریان ورودی را شبیه‌سازی می‌کند. سپس تحریکات به لایه خروجی می‌روند که هدف نهایی ما است.

به هنگام مدل کردن نرون‌ها، از پیچیدگی‌های آن‌ها صرف نظر

آمده است شواهد تجربی گردآوری شده از داده‌های کشورهای اروپایی، دیگر کشورهای صنعتی و کشورهای جدیداً صنعتی شده، روی دوره زمانی ۲۰۰۶-۱۹۸۰، حکایت از آن دارد که نااطمینانی نرخ ارز یک اثر مثبت معنادار و پایدار روی جریان‌های تجاری دوجانبه دارد. یک واحد افزایش در انحراف استاندارد نااطمینانی نرخ ارز منجر به ۸ درصد افزایش در ناپایداری تجارت می‌شود. این اثرات روی جریان تجاری برای کشورهای صنعتی و کشورهای جدیداً صنعتی شده، متفاوت است. برخلاف یافته‌های اولیه، این مقاله همچنین پیشنهاد می‌کند که نااطمینانی نرخ ارز حجم جریان‌های تجاری را در هیچ کدام از کشورهای صنعتی و کشورهای جدیداً صنعتی شده، تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (بوم و کاگلایان، ۲۰۰۹: ۱). در مقاله‌ای که توسط چوو و همکاران<sup>۱</sup> نوشته شده، با توجه به جریان‌های تجارت دو جانبه در بین کشورهای توسعه یافته در دوره زمانی ۱۹۹۵-۱۹۷۴، اثر نااطمینانی نرخ ارز را روی رشد تجارت بخش کشاورزی در مقایسه با دیگر بخش‌ها بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که نااطمینانی نرخ ارز واقعی، اثر منفی معناداری روی تجارت بخش کشاورزی در دوره تحت بررسی داشته است. به علاوه، اثر منفی این نااطمینانی روی تجارت بخش کشاورزی در مقایسه با دیگر بخش‌ها، معنادارتر بوده است (چوو و همکاران، ۲۰۰۲: ۹۳۱). همچنین هایاکاوا و کیمورا<sup>۲</sup> تأثیر ناپایداری نرخ ارز روی تجارت بین‌الملل در شرق آسیا را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج به طور خلاصه عبارتند از: اول، تجارت بین‌المللی در شرق آسیا توسط ناپایداری در نرخ ارز، نسبت به دیگر مناطق به طور جدی تأثیر می‌پذیرد و کاهش پیدا می‌کند. دوم، یک بخش مهم از تجارت که کاهش می‌یابد تجارت کالاهای واسطه‌ای در شبکه‌های بین‌الملل تولید هست، که کاملاً نسبت به ناپایداری نرخ ارز در مقایسه با انواع دیگر تجارت حساس است و بخش مهمی از تجارت شرق آسیا را به خود اختصاص داده است. سوم، اثر منفی ناپایداری بزرگ‌تر از هزینه تعرفه‌ها و کمتر از هزینه‌های مربوط به مسافت در شرق آسیا می‌باشد (هایاکاوا و کیمورا، ۲۰۰۹: ۳۹۵). در مقاله‌ای مشابه که توسط آریز و همکاران<sup>۳</sup>

4. Aristotelous (2001)  
5. Perceptron

1. Cho et al. (2002)  
2. Hayakawa and Kimura (2009)  
3. Arize et al. (2008)



رونده شبکه‌هایی هستند که ورودی‌های لایه اول نرون‌های آن به لایه‌های بعدی متصل بوده و در هر سطح این مسئله صادق بوده تا به لایه خروجی برسد. روال انتشار به عقب بدین معنی است که پس از مشخص شدن خروجی شبکه، ابتدا وزن‌های لایه آخر تصحیح شده و بعد به ترتیب اوزان لایه‌های قبلی تصحیح می‌شوند. در این موارد بیشتر توضیح داده می‌شود. شبکه‌های پرسپترون از یک لایه ورودی، تعدادی لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده است.

به منظور آموزش شبکه و اصلاح وزن‌ها تا رسیدن به یک خطای معنادار، روش‌های بسیار زیادی وجود دارد. یکی از مشهورترین این روش‌ها، الگوریتم پس انتشار خطا است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

### ۳.۳. الگوریتم پس انتشار خطا<sup>۴</sup>

این الگوریتم که در سال ۱۹۸۶ توسط روملهارت و مک‌کلیلاند پیشنهاد گردید، در شبکه‌های عصبی پیش‌خور (جلو رونده) مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیش‌خور (جلو رونده) بودن به این معنا است که نرون‌های مصنوعی در لایه‌های متوالی قرار گرفته‌اند و خروجی (سیگنال) خود را رو به جلو می‌فرستند. واژه پس انتشار نیز به معنای این است که خطاها به سمت عقب در شبکه تغذیه می‌شوند تا وزن‌ها را اصلاح کنند و پس از آن، مجدداً ورودی مسیر پیش‌سوی خود تا خروجی را تکرار کنند. روش پس انتشار خطا از روش‌های با سرپرست است به این مفهوم که نمونه‌های ورودی برچسب خورده‌اند و خروجی مورد انتظار هر یک از آن‌ها از پیش دانسته است. لذا خروجی شبکه با این خروجی‌های ایده‌آل مقایسه شده و خطای شبکه محاسبه می‌گردد. در این الگوریتم ابتدا فرض بر این است که وزن‌های شبکه به طور تصادفی انتخاب شده‌اند. در هر گام خروجی شبکه محاسبه شده و بر حسب میزان اختلاف آن با خروجی مطلوب، وزن‌ها تصحیح می‌گردند تا در نهایت این خطا، مینیمم شود.

می‌شود و تنها به مفاهیم پایه‌ای بها داده می‌شود، چرا که در غیر این صورت رویکرد مدل‌سازی بسیار دشوار خواهد شد. نهایتاً یک عملگر ریاضی تصمیم‌گیری می‌کند که آیا نرون فعال شود یا خیر و اگر جواب مثبت باشد، میزان خروجی را مشخص می‌سازد. بنابراین شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از مدل ساده شده عصب واقعی به پردازش اطلاعات می‌پردازد. با توجه به این توضیحات، می‌توان مدل ساده‌ای برای توصیف یک نرون (یک گره در شبکه عصبی مصنوعی) پیشنهاد کرد.

توابع مورد استفاده برای آستانه‌گذاری می‌توانند بسیار متنوع باشند. از جمله مشهورترین این توابع می‌توان به تابع‌هایی نظیر سیگموئید، آرک تانژانت و آرک‌سینوس اشاره کرد. این توابع باید پیوسته و هموار بوده و مشتق‌پذیر باشند. همچنین تعداد گره‌های ورودی می‌تواند متغیر باشد. البته با زیاد شدن تعداد این گره‌ها، به وضوح تعیین وزن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند. لذا باید به دنبال روش‌هایی برای حل این موضوع باشیم. روند تعیین وزن‌های بهینه و تنظیم مقادیر آن‌ها عمدتاً به صورت بازگشتی انجام می‌شود. بدین منظور شبکه را با استفاده از قواعد و داده‌ها آموزش داده و با استفاده از قابلیت یادگیری شبکه، الگوریتم‌های متنوعی پیشنهاد می‌گردد که همگی سعی در نزدیک کردن خروجی تولید شده توسط شبکه به خروجی ایده‌آل و مورد انتظار دارند.

### ۲.۳. شبکه‌های پرسپترون چندلایه<sup>۱</sup>

شبکه‌هایی که از یک نرون ساخته شده‌اند دارای محدودیت‌هایی می‌باشند. این شبکه‌ها توانایی پیاده سازی توابع غیرخطی را ندارند. به عنوان مثال توسط این شبکه‌ها نمی‌توان تابع محدود ساز (XOR) را پیاده‌سازی نمود. برای حل این مشکل شبکه‌های دیگری پیشنهاد می‌شود که در اینجا به یکی از آنان که بیشترین کاربرد را دارد و در این تحقیق نیز از آن استفاده شده است، اشاره می‌شود.

مدل عمومی شبکه‌های پرسپترون، شبکه جلو رونده (پیش‌خور)<sup>۲</sup> با روال تعلیم انتشار به عقب<sup>۳</sup> است. شبکه‌های جلو

1. Multi-Layer Perceptron

2. Feed forward

3. Back propagation training

4. Error back propagation algorithm



#### ۴. تصریح مدل

با توجه به مدل رشد سولو و باتوجه به ادبیات موضوع مورد بررسی، کتانی و همکاران<sup>۱</sup> برای اینکه اثر انحراف نرخ ارز را روی رشد اقتصادی ببینند مدل زیر را پیشنهاد کرده‌اند (کتانی و همکاران، ۱۹۹۰: ۶۱):

(۱)

$$PCGR = \alpha + \beta RERV + \delta SIY + \eta TOTG + \lambda POPG + \varepsilon$$

به طوری که PCGR رشد GDP واقعی سرانه، RERV انحراف نرخ ارز واقعی، SIY نسبت سرمایه‌گذاری به GDP، TOTG رشد رابطه مبادله، POPG رشد جمعیت و  $\varepsilon$  خطای تصادفی را نشان می‌دهد (دوماک و شاپسیز، ۱۹۹۹: ۴۰).

بنابراین با توجه به مطالب بالا، مدل تصریح شده در این تحقیق برای اقتصاد به صورت زیر بیان می‌گردد:

(۲)

$$RGDP = f(ERU, GINV, TOTG, PR)$$

که در آن

RGDP: رشد تولید ناخالص داخلی واقعی (رشد اقتصادی)؛

ERU: نااطمینانی نرخ ارز؛

GINV: تشکیل سرمایه ناخالص داخلی؛

TOTG: نرخ رشد رابطه مبادله (نسبت شاخص قیمت

صادرات به شاخص قیمت واردات)؛

PR: نرخ رشد جمعیت.

#### ۱.۴ داده‌ها و منابع آماری

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به صورت داده‌های سری زمانی برای اقتصاد ایران می‌باشند. داده‌ها از سایت بانک مرکزی و درگاه ملی آمار استخراج شده‌اند. در این تحقیق برای محاسبه نااطمینانی نرخ ارز، داده‌های مربوط به نرخ ارز در بازار آزاد (نرخ ارز غیررسمی) در نظر گرفته شده است. برای محاسبه رشد اقتصادی، رشد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ در نظر گرفته شده است. برای محاسبه رشد رابطه مبادله بازرگانی از داده‌های مربوط به نتیجه رابطه مبادله بازرگانی و به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ استفاده شده است.

همچنین داده‌های مربوط به تشکیل سرمایه ناخالص داخلی نیز از سایت بانک مرکزی و به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ استخراج شده است.

#### ۲.۴. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل

محاسبه نااطمینانی نرخ ارز از طریق مدل‌های ARCH و GARCH پس از طی مراحل زیر محقق خواهد شد:

#### ۱.۲.۴ گام نخست

برای محاسبه نااطمینانی نرخ ارز با توجه به الگوی واریانس ناهمسانی شرطی اتورگرسیو تعمیم‌یافته (GARCH)، نخست لازم است که یک معادله رفتاری مناسب برای متغیر نرخ ارز معرفی شود.

اما قبل از هر چیز بایستی متغیر نرخ ارز از نظر مانایی مورد بررسی قرار گیرد. که این کار با توجه به آزمون‌های دیکی-فولر (DF) و دیکی-فولر تعمیم‌یافته (ADF) انجام شده است. نتایج آزمون‌های DF و ADF برای بررسی مانایی، به شرح جدول (۱) می‌باشد.

جدول (۱): نتایج آزمون ریشه واحد برای ER

نام متغیر		آماره آزمون			
		بدون روند		با روند	
		DF	ADF	DF	ADF
ER	در سطح	۰/۶۳	۰/۷۱	-۱/۰۹	-۱/۲۳
	تفاضل مرتبه اول	-۴/۲۹	-۴/۳۶	-۴/۹۱	-۵/۲۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که متغیر نرخ ارز در سطح، مانا نبوده و با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا خواهد شد. یعنی ER، جمعی از مرتبه اول (I(۱)) می‌باشد (ER بیانگر متغیر نرخ ارز می‌باشد).

در ادامه معادله رفتاری مناسب برای بیان رفتار متغیر نرخ ارز معرفی می‌گردد.

برای این منظور مدل‌های خودتوضیح میانگین متحرک (ARMA) با مرتبه‌های مختلف، مورد بررسی قرار گرفته‌اند.



می‌باشد (انگل و گرینجر، ۱۹۸۷: ۲۵۱).

#### ۲.۲.۴ گام دوم

در این مرحله بایستی وجود ناهمسانی واریانس در بین جملات اختلال مورد تأیید قرار گیرد (همان‌طور که می‌دانیم آزمون‌های ARCH و GARCH برای مدل‌بندی ناهمسانی واریانس مورد استفاده قرار می‌گیرند).

برای این منظور از آزمون‌های White Heteroskedasticity و ARCH LM استفاده شده است.

نتایج این آزمون‌ها به شرح جدول (۳) می‌باشد.

جدول (۳): نتایج آزمون‌های ناهمسانی واریانس

آزمون	آماره F	سطح احتمال
White	۶/۴۴	۰/۰۰۱۰
ARCH LM	۱۴/۳۶	۰/۰۰۰۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که فرض صفر، مبنی بر عدم وجود ناهمسانی واریانس در بین جملات اختلال در سطح معناداری ۵ درصد تحت هر دو آزمون رد می‌شود. لذا ناهمسانی واریانس در بین جملات اختلال به اثبات می‌رسد که این لازمه استفاده از الگوهای ARCH و GARCH می‌باشد.

#### ۳.۲.۴ گام سوم

در نهایت ناهمسانی واریانس متغیر نرخ ارز با استفاده از مدل‌های ARCH و GARCH مدل‌بندی می‌شود.

اما این کار نیازمند تعیین وقفه بهینه است. برای به دست آوردن بهترین مدل ARCH و GARCH از آزمون‌های آکائیک (AIC) و شوارز-بیزین (SBC) استفاده شده است.

نتایج بررسی آزمون‌های AIC و SBC، بر طبق جدول (۴) است.

جدول (۴): نتایج آزمون‌های AIC و SBC

وقفه	(۰و۱)	(۱و۰)	(۱و۱)	(۲و۱)	(۱و۲)	(۲و۲)
آماره AIC	۱۱/۱۱	۱۱/۸	۱۴/۵۲	۱۱/۶۴	۱۴/۲۷	۱۴/۳۸
آماره SBC	۱۱/۲۶	۱۱/۹۶	۱۴/۷۲	۱۱/۸۷	۱۴/۵۱	۱۴/۶۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس روش باکس و جنکینز<sup>۱</sup> بهترین مدلی که برای توصیف رفتار نرخ ارز به دست می‌آید به صورت معادله (۳) می‌باشد (باکس و جنکینز، ۱۹۷۶: ۱۲۸).

$$ER_t = 1/0.46 * ER_{t-1} + 0/565 * U_{t-1} + U_t \quad (3)$$

$$R^2 = 0/985, \quad D.W = 2/060$$

که در آن ER نرخ ارز را نشان می‌دهد.

معادله فوق نشان می‌دهد که معادله رفتاری نرخ ارز از نوع (۱و۱) ARMA می‌باشد. حال با توجه به نتایج آزمون‌های DF و ADF، مشخص می‌شود که معادله (۳)، یک فرآیند خودتوضیح جمعی میانگین متحرک (۱و۱) است (یا به صورت (۱و۱) ARIMA).

در پایان برای اجتناب از بروز یک رگرسیون کاذب، همجمعی معادله رگرسیونی (۳) مورد بررسی قرار گرفته است.

برای این منظور از آزمون انگل و گرینجر<sup>۲</sup> استفاده شده است.

با توجه به آزمون انگل و گرینجر و با توجه به اینکه متغیر نرخ ارز جمعی از مرتبه اول (I(1)) می‌باشد، اگر مشخص شود که جملات اختلال معادله (۳)، مانا (جمعی از مرتبه صفر یا I(0)) هستند، نتیجه می‌شود که معادله رفتاری برآورد شده برای نرخ ارز نشان دهنده یک رابطه تعادلی بلندمدت است.

نتایج آزمون ریشه واحد برای جملات اختلال به شرح جدول (۲) می‌باشد.

جدول (۲): نتایج آزمون ریشه واحد برای  $U_t$

نام متغیر	آماره آزمون در سطح			
	بدون روند		با روند	
	DF	ADF	DF	ADF
$U_t$	-۷/۰۳	-۷/۰۸	-۷/۱۴	-۷/۰۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که جملات اختلال در سطح متغیر، مانا هستند.

لذا با توجه به مطالب عنوان شده در بالا، مشخص می‌شود که معادله رفتاری برآورد شده برای نرخ ارز (معادله (۳))، بیانگر یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای حاضر در مدل،

1. Box and Jenkins (1976)

2. Engel and Granger (1987)



مقیاس داده‌ها (که دارای حداکثر مقدار  $b$  و حداقل مقدار  $a$  هستند) برای محدود کردن مقادیر آن‌ها در یک بازه خاص (معمولاً  $[-1, 1]$ ) است. لذا در این تحقیق تمامی داده‌های مورد استفاده قبل از معرفی به شبکه، نرمال می‌شوند. تابع نرمال‌سازی بین  $[-n, n]$ :

$$y = n * \left( \frac{x - a}{b - a} \right) \quad (4)$$

در نهایت پس از آموزش شبکه و ورود مقادیر جدید برای گرفتن خروجی جدید، باید خروجی نرمال شده را به فضای واقعی برگرداند. در واقع اگر داده‌ها به بازه  $[-n, n]$  نرمال شده باشند، معکوس عمل نرمال‌سازی با استفاده از رابطه زیر صورت می‌گیرد.

$$x = \frac{b - a}{2 * n} y + \frac{a + b}{2} \quad (5)$$

#### ۳.۳.۴. مشخصات آماری متغیرهای حاضر در مدل

مشخصات آماری متغیرهای مدل در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است.

#### ۴.۳.۴. انتخاب شبکه

انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی وجود دارد که با توجه به اهداف تحقیق می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند که در این تحقیق از شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور با الگوریتم آموزشی پس‌انتشار خطا استفاده می‌شود. شبکه عصبی چند لایه پیش‌خور مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با استفاده از ناظر است.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، نتایج آماره‌های AIC و SBC نشان می‌دهد که بهترین مدل GARCH، مدل (۱) است. GARCH می‌باشد.

پس از طی مراحل فوق، نااطمینانی نرخ ارز مدل‌بندی شده و به عنوان یک متغیر کمی مؤثر بر رشد اقتصادی، معرفی شده است.

نمودار انحراف استاندارد شرطی متغیر نرخ ارز که معرف متغیر نااطمینانی نرخ ارز می‌باشد به صورت نمودار (۱) است.

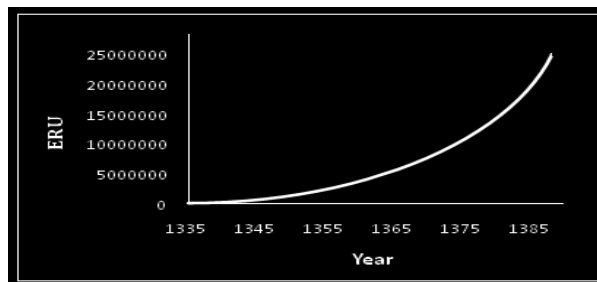
### ۳.۴. طراحی شبکه

#### ۱.۳.۴. تقسیم‌بندی داده‌ها

داده‌های ورودی و خروجی به صورت تصادفی به سه دسته آموزشی، تست و اعتبارسنجی تقسیم می‌شوند. تعداد داده‌ها در هر دسته توسط کاربر و با توجه به نتایج و اهداف مشخص می‌شود. معمولاً حدود ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد برای تست شبکه و ۱۵ درصد دیگر برای اعتبارسنجی شبکه به کار گرفته می‌شوند.

#### ۲.۳.۴. نرمال کردن داده‌ها

برای استفاده از شبکه عصبی مصنوعی وارد کردن داده‌ها به صورت واقعی و خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. برای جلوگیری از چنین وضعیتی و به منظور یکسان‌سازی ارزش داده‌ها برای شبکه، داده‌ها را به صورت نرمال شده وارد می‌کنند. این عمل در واقع به معنی تغییر



نمودار (۱): نمودار انحراف استاندارد شرطی متغیر نرخ ارز

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۵): مشخصات آماری متغیر وابسته

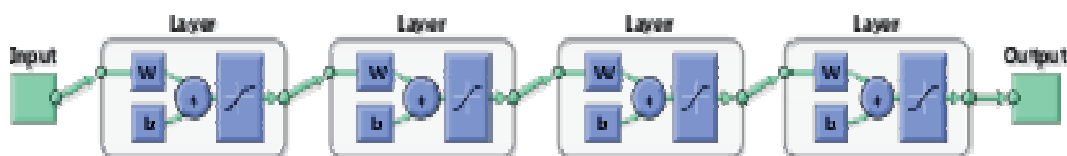
داده	حداکثر خام (درصد)	حداقل خام (درصد)	حداکثر نرمال شده	حداقل نرمال شده	میانگین (درصد)	واریانس	انحراف معیار
رشد اقتصادی	۱۷/۵۷	-۱۵/۱۳	۱	-۱	۵/۴۳	۰/۰۰۴۹	۰/۰۶۹۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۶): مشخصات آماری داده‌های مستقل

داده	حداکثر خام	حداقل خام	حداکثر نرمال شده	حداقل نرمال شده	میانگین	واریانس	انحراف معیار
ناطمینانی نرخ ارز	۲۱۵۷۴۸۸۹۹	۸/۷۹۹	۱	-۱	۱۴۰۸۷۴۷	$1/74 * 10^{13}$	۴۰۵۴۵۲۳
رشد جمعیت (درصد)	۳/۹۴	۱/۳۱	۱	-۱	۲/۵۴	$6/38 * 10^{-0}$	۰/۰۰۸۰
تشکیل سرمایه ناخالص داخلی (میلیارد ریال)	۱۰۵۲۳۹۸	۶۶	۱	-۱	۱۲۲۸۸۷	$1/86 * 10^9$	۴۳۰۸۸
نرخ رشد رابطه مبادله (درصد)	۹۵۵/۳۱	-۱۸۵۰۳۱	۱	-۱	-۳۸۵۵/۴۷	$7/13 * 10^8$	۲۶۷۰/۸۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار (۲): شبکه عصبی با توابع انتقال تانزانت سیگموئید

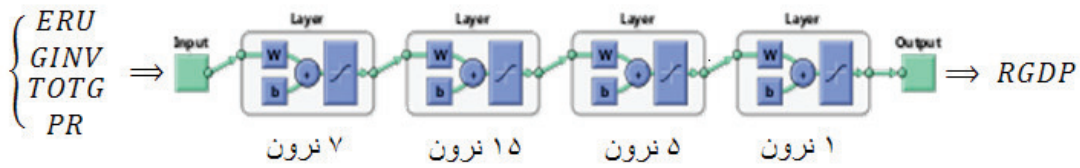
جدول (۷): انواع توابع انتقال

شکل تابع	تعریف تابع	نام تابع
 $a = \text{purelin}(n)$ Linear Transfer Function	$f(x) = x$	تابع خطی
 $a = \text{hardlim}(n)$ Hard-Limit Transfer Function	$f(x) = 1 \quad x \geq 0$ $f(x) = 0 \quad x < 0$	تابع محدود ساز (XOR)
 $a = \text{logsig}(n)$ Log-Sigmoid Transfer Function	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	تابع توزیع تجمعی لجستیک
 $a = \text{tansig}(n)$ Tan-Sigmoid Transfer Function	$f(x) = \frac{(e^x - e^{-x})}{(e^x + e^{-x})}$	تابع تانزانت هایپربولیک

جدول (۸): مشخصات بهترین نتیجه حاصل شده از آموزش شبکه

تعداد نرون‌های لایه اول	تعداد نرون‌های لایه دوم	تعداد نرون‌های لایه سوم	تعداد نرون‌های لایه چهارم	میانگین مربعات خطا MSE	جذر میانگین مربعات خطا RMSE
۷	۱۵	۵	۱	۰/۰۰۲۰۰	۰/۰۴۴۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار (۳): مشخصات شبکه عصبی آموزش داده شده

مأخذ: یافته‌های تحقیق

صحیح فرضیه مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور می‌توان از تعریف دیفرانسیل، بهره گرفت. برای این کار تنها به متغیری که هدف تحقیق، بررسی اثر آن روی متغیر وابسته است، اجازه تغییر داده می‌شود و متغیرهای مستقل دیگر حاضر در مدل، ثابت در نظر گرفته می‌شوند. لذا در اینجا تنها متغیر نااطمینانی نرخ ارز متغیر فرض شده است و بقیه متغیرها، ثابت و برونزا در نظر گرفته شده‌اند.

حال با توجه به سری داده‌های در دسترس و شبکه آموزش دیده، از شبکه خروجی گرفته می‌شود. در پایان می‌توان با توجه به خروجی‌های شبکه آموزش دیده شده، به بررسی حساسیت رشد اقتصادی نسبت به نااطمینانی در نرخ ارز پرداخت.

روند کار به این صورت است که سه متغیر نرخ رشد جمعیت، تشکیل سرمایه ناخالص داخلی و نرخ رشد رابطه مبادله در مقدار متوسط آن‌ها در سال‌های اخیر، ثابت در نظر گرفته شده‌اند و با تغییر متغیر نااطمینانی نرخ ارز، مقادیر متناظر با رشد اقتصادی، با توجه به شبکه آموزش دیده، حاصل شده‌اند. با توجه به داده‌های خروجی شبکه عصبی آموزش داده شده که در واقع بیانگر حساسیت متغیر رشد اقتصادی نسبت به متغیر نااطمینانی نرخ ارز است، نمودار حساسیت رشد اقتصادی نسبت به نااطمینانی نرخ ارز به صورت نمودار (۶) می‌باشد.

جدول (۹): مقادیر سه متغیری که ثابت نگه داشته شده‌اند

متوسط GINV (میلیارد ریال)	متوسط PR (درصد)	متوسط TOTG (درصد)
۲۵۴۳۷۱	۱/۵	۱/۰۳۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۱۰): مشخصات شبکه عصبی

R آموزش	R تست	R اعتبار سنجی	R کل
۰/۹۹۷	۰/۹۸۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

#### ۵.۳.۴. توابع انتقال

در این تحقیق از میان انواع توابع انتقال از جمله تابع توزیع تجمعی لجستیک، تابع تانژانت هایپربولیک، تابع محدودساز (XOR) و تابع خطی (جدول (۷))، با توجه به بررسی‌های صورت گرفته پیرامون نوع تابعی که بهترین برازش بین داده‌های ورودی و خروجی را از نظر معیارهایی نظیر ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا نتیجه می‌دهد، توابع انتقال از نوع توابع تانژانت سیگموئید (نمودار (۲)) مناسب تشخیص داده شد.

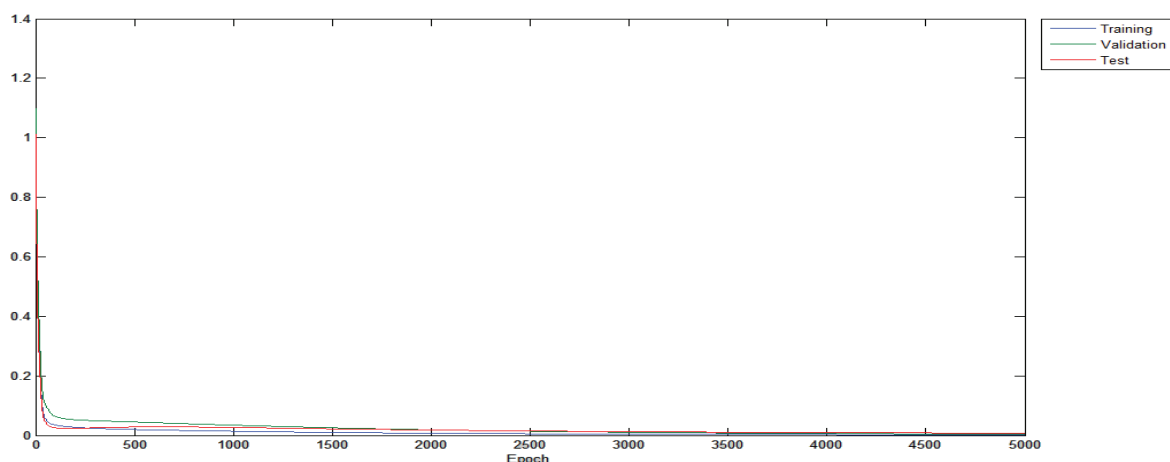
#### ۶.۳.۴. تعیین تعداد لایه‌ها و نرون‌های هر لایه

به منظور انتخاب بهترین ساختار، می‌توان تعداد لایه‌ها و نرون‌های هر لایه را تغییر داد و شبکه را مجدداً آموزش داد، یا اینکه شبکه با تعداد نرون‌ها و لایه‌های ثابت را برای تکرار آموزش‌های مختلف، اجرا کرد و نتایج را با توجه به معیارهای ارزیابی، با یکدیگر مقایسه کرد.

با توجه به بررسی‌های مفصل در این زمینه، شبکه‌ای با تکرار آموزش ۳۲۰۰ و چهار لایه با ۷ نرون در لایه اول، ۱۵ نرون در لایه دوم و ۵ نرون نیز در لایه سوم و با توجه به اینکه تنها یک بردار خروجی وجود دارد تنها یک نرون در لایه آخر وجود خواهد داشت. مشخصات بهترین نتیجه حاصل شده از آموزش شبکه، در جدول (۸) ثبت شده‌اند.

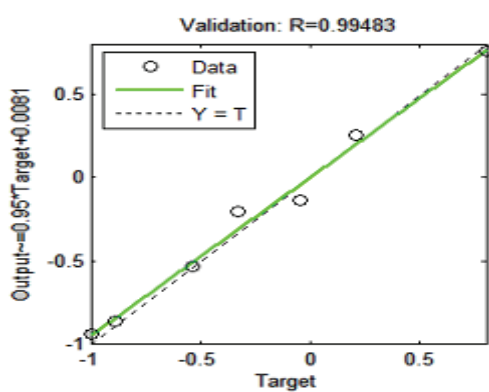
نمودار (۳) بیانگر مشخصات شبکه عصبی آموزش دیده مناسب با توجه به متغیرهای ورودی ERU، GINV، TOTG، PR و متغیر خروجی RGDP و توابع انتقال تانژانت سیگموئید می‌باشد.

به منظور تحقق هدف اصلی این مطالعه، که همان بررسی و پیش‌بینی اثر نااطمینانی نرخ ارز بر رشد اقتصادی ایران می‌باشد بایستی روش بررسی به گونه‌ای انتخاب شود که به طور

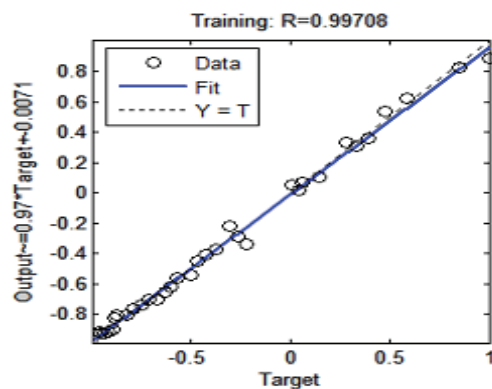


نمودار (۴): خطاها در الگوی شبکه عصبی

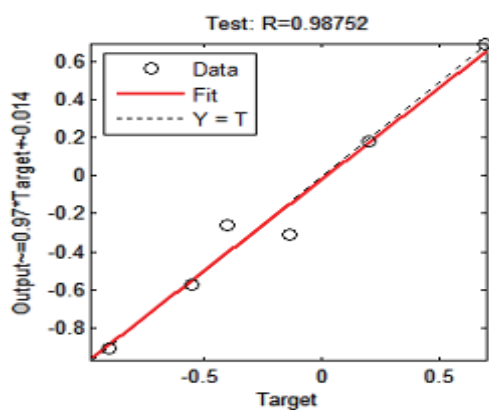
مأخذ: یافته‌های تحقیق



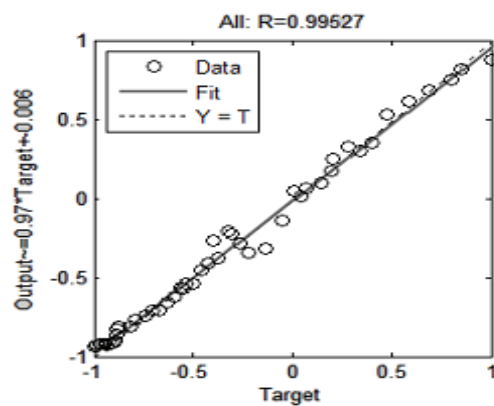
(ب)



(الف)



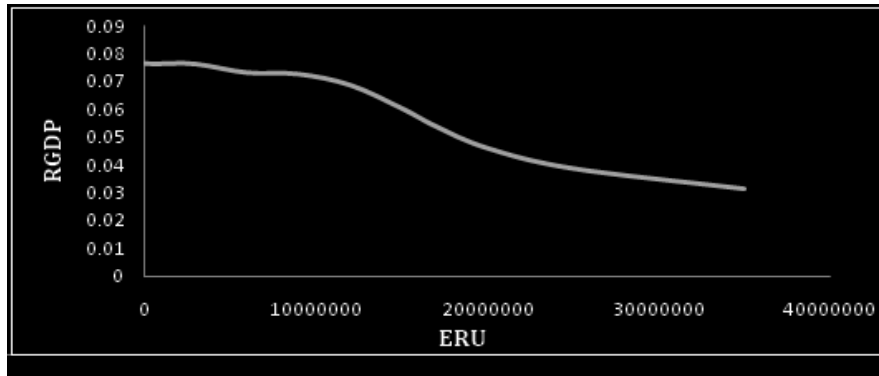
(د)



(ج)

نمودار (۵): اطلاعات کلی خروجی شبکه عصبی مصنوعی، (الف): آموزش شبکه (ب): اعتبارسنجی (ج): کل شبکه (د): تست شبکه

مأخذ: یافته‌های تحقیق



نمودار (۶): حساسیت رشد اقتصادی نسبت به متغیر نااطمینانی نرخ ارز

مأخذ: یافته‌های تحقیق

آغاز شد. به این صورت که به شبکه آموزش دیده، با ثابت نگه داشتن مقادیر همه متغیرهای مستقل مدل در مقدار متوسط آن‌ها در سال‌های اخیر، به جز متغیر نااطمینانی نرخ ارز که تأثیر آن روی متغیر رشد اقتصادی مورد سؤال است، از شبکه به عنوان رشد اقتصادی خروجی گرفته شد. با توجه به روند تغییرات رشد اقتصادی نسبت به متغیر نااطمینانی نرخ ارز (نمودار (۶))، آشکار است که نااطمینانی نرخ ارز تأثیر منفی اما خفیف روی رشد اقتصادی ایران در طی سال‌های اخیر داشته است اما انتظارات بر آن است که این تأثیر در سال‌های پیش‌رو، از معناداری بالاتری برخوردار باشد. طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۹ در هر سال به طور متوسط، نااطمینانی در نرخ ارز باعث کاهش رشد اقتصادی به میزان ۰/۱۲ درصد شده است اما برای سال‌های پیش رو پیش‌بینی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که این نااطمینانی در نرخ ارز منجر به کاهش ۰/۵۷ درصدی رشد اقتصادی ایران خواهد شد.

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این بخش بعد از کمی کردن متغیر نااطمینانی نرخ ارز و با توجه به مدل تصریح شده برای اقتصاد ایران، داده‌های مربوط به متغیرهای حاضر در مدل به شبکه عصبی طراحی شده، به عنوان ورودی (متغیرهای مستقل) و به عنوان خروجی (متغیر وابسته)، وارد شبکه شدند. که شبکه عصبی به طور تصادفی ۱۵ درصد از این داده‌ها را برای اعتبار سنجی، ۱۵ درصد را برای تست و صحت سنجی آموزش و ۷۰ درصد مابقی را برای آموزش شبکه در نظر گرفت. بعد از بررسی‌های شبکه‌های مختلف از نظر تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌های حاضر در هر لایه و نوع تابع انتقال در هر لایه، شبکه‌ای چهار لایه که در لایه اول ۷ نرون، در لایه دوم ۱۵ نرون و در لایه سوم ۵ نرون و در لایه آخر ۱ نرون وجود داشت با توابع انتقالی که همگی از نوع تانژانت سیگموئید بوده‌اند، از نظر معیارهایی چون ضریب تعیین و میانگین مربعات خطا، مناسب تشخیص داده شد. بعد از مشخص شدن بهترین آموزش، بررسی هدف تحقیق

## منابع

پژوهشنامه علوم اقتصادی، سال نهم، شماره ۱، ۱۳-۳۴.  
بیابانی، جهانگیر؛ ابوالحسنی هستیانی، اصغر؛ شایگانی، بیتا و حقگو، مهدی (۱۳۹۱)، "بررسی و پیش‌بینی بی‌ثباتی صادرات بر رشد اقتصادی ایران با رویکرد شبکه عصبی GMDH"، فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال سوم، شماره ۹، ۹۹-۱۱۲.  
پدرام، مهدی (۱۳۹۰)، "اثر نوسانات نرخ ارز بر روی نوسانات

اثنی‌عشری، ابوالقاسم؛ پورکاظمی، محمدحسین؛ ابوالحسنی هستیانی، اصغر و لطفی مزرعه‌شاهی، احمد (۱۳۹۲)، "اثر نااطمینانی در بازدهی سرمایه بر رشد اقتصادی؛ مطالعه موردی ایران"، فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال سوم، شماره ۱۲، ۷۵-۸۸.  
احسانی، محمدعلی؛ خانعلی‌پور، امیر و عباسی، جعفر (۱۳۸۸)، "اثر بی‌ثباتی نرخ ارز بر صادرات غیرنفتی در ایران"،



پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال سوم، شماره ۱، ۵۸-۴۱.

قره‌آغاجی، علی‌اکبر؛ پالهنک، مازیار و شنبه، محسن (۱۳۸۴)، "استفاده از الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی خصوصیات کششی نخ‌های مغزی‌دار با مغزی نایلون و رویه پنبه"، *نشریه علمی-پژوهشی استقلال*، سال ۲۴، شماره ۲، ۲۵۱-۲۴۱.

کازرونی، سید علیرضا و دولتی، مهناز (۱۳۸۶)، "اثر نااطمینانی نرخ واقعی ارز بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی (مطالعه موردی ایران)"، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، سال سوم، شماره ۴۵، ۳۰۶-۲۸۳.

کمیحانی، اکبر و ابراهیمی، سجاد (۱۳۹۲)، "اثر نوسانات نرخ ارز بر رشد بهره‌وری در کشورهای در حال توسعه با لحاظ سطح توسعه مالی"، *مطالعات اقتصادی کاربردی*، سال دوم، شماره ۶، ۲۶-۱.

گرچی، ابراهیم و مدنی، شیما (۱۳۸۲)، "بررسی نقش ثبات اقتصادی بر عملکرد رشد اقتصادی ایران با روش سیستم معادلات همزمان"، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، سال اول، شماره ۲، ۲۴-۱.

مرادپور اولادی، مهدی؛ ابراهیمی، محسن و عباسیون، وحید (۱۳۸۵)، "بررسی اثر عدم اطمینان نرخ ارز واقعی بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی"، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، سال دهم، شماره ۳۵، ۱۷۶-۱۵۹.

نوری، مهدی و نویدی، حامد (۱۳۹۱)، "ریسک نرخ ارز و صادرات غیر نفتی در ایران، *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*"، سال سوم، شماره ۹، ۷۰-۵۹.

بازار سهام در ایران"، *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی)*، سال پنجم، شماره ۱۵، ۹۶-۸۳.

پدرام، مهدی؛ شیرین‌بخش ماسوله، شمس‌الله و رضایی ابیانه، بهاره (۱۳۹۱)، "بررسی اثرات نامتقارن نوسانات نرخ ارز بر قیمت کالاهای صادراتی"، *فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، سال سوم، شماره ۹، ۱۶۶-۱۴۳.

پورکاظمی، محمدحسین؛ افسر، امیر و نهاوندی، بیژن (۱۳۸۴)، "مطالعه تطبیقی روش‌های خطی ARIMA و غیرخطی شبکه‌های عصبی فازی در پیش‌بینی تقاضای اشتراک گاز شهری"، *مجله پژوهش‌های اقتصادی*، سال دوم، شماره ۷۱، ۱۴۶-۱۳۳.

توکلی، اکبر و سیاح، محسن (۱۳۸۹)، "تأثیر نوسانات نرخ ارز بر فعالیت‌های اقتصادی کشور"، *پول و اقتصاد*، سال دوم، شماره ۴، ۷۷-۵۹.

راسخی، سعید؛ شهرازی، میلاد و عبداللهی، محمدرضا (۱۳۹۱)، "اثر نامتقارن نرخ ارز و نوسان آن بر صادرات غیرنفتی ایران"، *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، سال دوم، شماره ۷، ۹۰-۸۱.

سحابی، بهرام؛ قنبری، علی و شفیعی، علی (۱۳۹۰)، "بررسی عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران با تأکید بر نوسانات نرخ ارز"، *فصلنامه اقتصاد مقدماتی (فصلنامه بررسی‌های اقتصادی)*، سال هشتم، شماره ۳، ۵۲-۲۷.

غفاری، هادی؛ جلولی، مهدی و چنگی آشتیانی، علی (۱۳۹۲)، "بررسی و پیش‌بینی آثار افزایش نرخ ارز بر رشد اقتصادی بخش‌های عمده اقتصاد ایران (۱۳۹۳-۱۳۵۵)"، *فصلنامه*

*Finance*, Elsevier, 30 (4), pp. 1149-1169.

Baum, Ch. and Caglayan, M. (2009), "The Volatility of International Trade Flows and Exchange Rate Uncertainty", *Boston College Department of Economics*, pp. 1-45.

Becker, B. and Hall, S. (2004), "Foreign Direct Investment in Industrial R&D and Exchange Rate Uncertainty in the UK", *Money Macro and Finance (MMF) Research Group Conference*, pp. 1-23.

Box, G. and Jenkins, G.M. (1976), "Time Series Analysis: Forecasting and Control", Oakland, CA:

Aristotelous, K. (2001), "Exchange-rate volatility, exchange-rate regime, and trade volume: evidence from the UK-US export function (1889-1999)", *Economic Letters*, Elsevier, 72 (1), pp. 87-94.

Arize, A. C., Osang, Th. and Slottje, D.J. (2008), "Exchange-Rate Volatility in Latin America and its Impact on Foreign Trade", *International Review of Economics & Finance*, Elsevier, 17 (1), pp. 33-44.

Bagella, M., Becchetti, L. and Hasan, I. (200), "Real Effective Exchange Rate Volatility and Growth: A Framework to Measure Advantages of Flexibility vs. Costs of Volatility", *Journal of Banking &*



- Holden-Day, pp. 128-141.
- Cho, G., Sheldon, I.M. and McCorrison, S. (2002), "Exchange Rate Uncertainty and Agricultural Trade", *American Journal of Agricultural Economics*, 84 (4), pp. 42-931.
- Cottani J., Cavallo and Khan, M. S. (1990), "RExchange Rate Behavior and Economic Performance in LDCs", *Economic Development and Cultural Change*, 39 (1), pp. 61-76.
- Doma, I. and Shabsigh, G. (1999), "Real Exchange Rate Behavior and Economic Growth - Evidence from Egypt, Jordan, Morocco, and Tunisia", *International Monetary Fund*, pp. 40-99.
- Ehsani, M. A., Khanalipour, A. and Abbasi, J. (2009), "Effect of Exchange Rate Volatility on Non-oil Export in Iran", *Economic Bulletin*, 9 (1), pp. 13-34.
- Engle, R.F. and Granger, C. W. J. (1987), "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, 55, pp. 251-276.
- Ghareh Aghaji, A. K., Palhang, M. and Shanbeh, M. (2005), "Use of Artificial Neural Networks Algorithms for the Prediction of Tensile Properties of Cerebral Yarn with Nylon Cerebral and Surface of Cotton", *Journal of the Independence*, 24 (2), pp. 241-251.
- Gorji, E. and Madani, Sh. (2003), "The Role of Economic Stability and Growth Yield of the Simultaneous Equation System Approach", *Journal of Business Research*, 1 (2), pp. 1-24.
- Greenaway, D., Kneller, R. and Zhang, X. (2008), "Exchange Rate Uncertainty and Export Decisions in the UK", *University of Nottingham*, pp. 8-42.
- Hayakawa, K. and Kimura, F. (2009), "The Effect of Exchange Rate Volatility on International Trade in East Asia", *Journal of the Japanese and International Economies*, Elsevier, 23 (4), pp. 395-406.
- Herwartz, H. and Weber, H. (2007), "Exchange Rate Uncertainty and Trade Growth- A Comparison of Linear and Nonlinear (Forecasting) Models", *Humboldt University of Berlin*, pp. 1-22.
- Kazerouni, S. A. and Doulati, M. (2007), "The Effect of Real Exchange Rate Uncertainty on Private Investment (Case Study: Iran)", *Journal of Business Research*, 3 (45), pp. 283-306.
- Komijani, A. and Ebrahimi, S. (2013), "Effect of Exchange Rate Volatility on Productivity Growth in Developing Countries by Considering the Surface Financial Development", *Practical Economic Study*, 2 (6), pp. 1-26.
- Moradpour Ouladi, M., Ebrahimi, M. and Abbasian, V. (2006), "The Effect of Real Exchange Rate Uncertainty on Private Investment", *Journal of Economic Research*, 10 (35), pp. 159-176.
- Pedram, M. (2011), "Effect of Exchange Rate Volatility on Stock Market Volatility in Iran", *Finance Study*, 5 (15), pp. 83-96.
- Pedram, M., Shirin Bakhsh Masoule, Sh. And Rezaei Abiane, B. (2012), "Investigation Asymmetric Effects of Exchange Rate Volatility on Export Prices", *Quarterly journal of economic Research Modelling*, 3 (9), pp. 143-166.
- Pour Kazemi, M. H., Afsar, A. and Nahavandi, B. (2005), "Comparative Study of Linear Method ARIMA and Nonlinear Method Fuzzy Neural Networks in Forecasting Gas Share of Urban Areas", *Journal of Economic Research*, 2 (71), pp. 133-146.
- Rahman, S. and Serletis, A. (2009), "The Effects of Exchange Rate Uncertainty on Exports", *Journal of Macroeconomics*, Elsevier, 31 (3), pp. 500-507.
- Ruiz, I. (2005), "Empirical Analysis on the Real Effects of Inflation and Exchange Rate Uncertainty: The case of Colombia", *International Finance*, 12 (4), pp. 7-28.
- Sahabi, B., Ghanbari, A. and Shafiei, A. (2011), "Survey of Effective Factors on Foreign Direct Investment in Iran with an Emphasis on Exchange Rate Fluctuations", *Journal of Quantitative Economics*, 8 (3), pp. 27-52.
- Schnabl, G. (2008), "Exchange Rate Volatility and Growth in Small Open Economies at the EMU Periphery", *Economic Systems*, Elsevier, 32 (1), pp. 70-91.
- Sun, Ch., Kim, M., Koo, W., Cho, G. and Jin, H. (2002), "The Effect of Exchange Rate Volatility on Wheat Trade Worldwide", *Department of Agribusiness and Applied Economics*, pp. 1-19.
- Tavakoli, A. and Sayah, M. (2010), "Effect of Exchange Rate Fluctuations on Economic Activity", *Money and Economy Journal*, 2 (4), pp. 59-77.