

## عبور نرخ ارز و رابطه آن با سیاستهای پولی و درجه باز بودن اقتصاد در ایران به روش سیستمهای فازی عصبی

دکتر هوشنگ شجری\*

دکتر سید کمیل طیبی\*

سید عبدالمجید جلائی\*\*

تاریخ ارسال: ۱۳۸۴/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۴/۴/۷

### چکیده

در این مقاله که مبتنی بر روش تحقیق توصیفی و علی و معلولی است، پس از تحلیل مبانی نظری به کمک سیستمهای فازی عصبی، به دو پرسش پاسخ داده می‌شود؛ اول اینکه، آیا عبور نرخ ارز در ایران صورت می‌گیرد؟ و دوم اینکه، سیاستهای پولی، ارزی و درجه باز بودن اقتصاد چه تأثیری بر عبور نرخ ارز در ایران خواهد داشت؟ برای پاسخ به این دو پرسش مدلی برای اقتصاد ایران طراحی و یک سیستم معادلات به کمک روش قدرتمند فازی عصبی برآورد شده است. با برآورد این مدل مشخص شد که عبور نرخ ارز در ایران وجود دارد و با توجه به مدلی که برای نرخ ارز واقعی در ایران تعیین شده است متغیرهایی چون سیاست پولی، سیاست ارزی و درجه باز بودن اقتصاد بر وضعیت عبور نرخ ارز در ایران تأثیر مثبت داشته است. این مقاله همچنین، نشان می‌دهد که

\* استادیار دانشگاه اصفهان

e-mail: [komail@econ.ui.ac](mailto:komail@econ.ui.ac)

e-mail: [shajari77@yahoo.com](mailto:shajari77@yahoo.com)

\*\* دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه اصفهان

e-mail: [am\\_jalaie@yahoo.com](mailto:am_jalaie@yahoo.com)

سیستمهای فازی عصبی ابزاری کارآمد و دقیق نسبت به سایر ابزارهای موجود برای پیش‌بینیهای اقتصادی است و می‌تواند تحولات شگرفی در عرضه آینده‌نگریهای اقتصادی ایجاد کند.

طبقه‌بندی JEL : F31

واژگان کلیدی: عبور نرخ ارز، نرخ ارز واقعی، سیستمهای فازی عصبی، سیاست پولی، درجه بازبودن اقتصاد



## مقدمه

عبور نرخ ارز<sup>۱</sup> در حقیقت به تحلیل نرخي اشاره دارد که در آن، تغییرات ایجاد شده در نرخهای ارز در قیمتهای واردات منعکس می‌گردد، به طوری که مقادیر آنها برحسب پول رایج کشور وارد کننده تعیین می‌شوند. تحلیل عبور نرخ ارز دیدگاه سنتی مبنی بر ثبات قیمت واردات بر حسب پول خارجی و قیمت صادرات بر حسب پول داخلی، یعنی کششهای بی‌نهایت عرضه صادرات و واردات را کنار می‌گذارد و در کوتاه‌مدت و بلندمدت به نوسانهای مثبت و منفی تراز بازرگانی توجه می‌کند.

سیر تحولات ارزی و رژیمهای مختلف ارز در طول حدود پنج دهه گذشته اقتصاد ایران که به یکسان سازی نرخ ارز در سالهای اخیر منجر شده و همچنین، شرایط رقابت‌پذیری بین‌المللی سبب شده عوامل مؤثر بر نرخ ارز از یک طرف، و عبور نرخ ارز و درجه کامل بودن آن از طرف دیگر، از اهمیت خاصی برخوردار گردید. اصولاً، عبور نرخ ارز کامل می‌تواند پویایی‌های کوتاه‌مدت تراز بازرگانی، به دنبال یک افزایش در نرخ ارز را به خوبی توضیح دهد. عبور نرخ ارز ناقص این امکان را برای جریانهای تجاری فراهم می‌سازد که نسبت به تغییرات نرخ ارز، علی‌رغم کشش‌پذیری بالای تقاضا، نسبتاً بدون حساسیت باقی بمانند. همچنین، می‌توان شدت عبور نرخ ارز را به صورت درجه‌ای که با آن یک کاهش ارزش اسمی به کاهش ارزش واقعی تبدیل می‌شود، نشان داد. بر این اساس، در بخش اول مقاله، به مفهوم نظری عبور نرخ ارز توجه بیشتری می‌شود و در بخش دوم، مروری بر سابقه پژوهش انجام می‌پذیرد، در بخش سوم برای تعیین عبور نرخ ارز یک مدل اقتصادی معرفی می‌گردد و سپس، مدلی برای نرخ ارز واقعی در اقتصاد ایران تصریح می‌شود. در بخش چهارم سیستمهای فازی عصبی و به طور خاص، الگوی ANFIS<sup>۲</sup> جهت محاسبات عبور نرخ ارز و ارزیابی عوامل مؤثر بر آن، معرفی و توضیح داده می‌شود و همچنین نتایج به دست آمده ناشی از به کارگیری این روش در بخش پنجم تحلیل می‌گردد بخش مقاله پایانی به خلاصه و نتیجه‌گیری مطالعه اختصاص دارد.

### ۱. مفهوم نظری عبور نرخ ارز

عبور نرخ ارز به کالاهای وارداتی، به صورت درصد افزایش در قیمت کالاهای وارداتی بر حسب پول داخلی در اثر یک درصد افزایش نرخ ارز شکل می‌گیرد. افزون بر این، عبور نرخ ارز به قیمت کالاهای صادراتی به صورت درصد کاهش در قیمت کالاهای صادراتی بر حسب پول خارجی در نتیجه یک درصد افزایش نرخ ارز نیز قابل بیان است. بنابراین عبور نرخ ارز، رابطه بین تغییرات ارزش پول یک کشور و رابطه مبادله آن کشور را بررسی می‌کند. کم یا زیاد بودن عبور نرخ ارز، توضیحی برای حساسیت کم یا زیاد حجم تجارت به تغییرات ارزش پول ملی است.

1. exchange rate pass- through

2. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

نکته مهم قابل ذکر این است که محدود کردن درجه عبور نرخ ارز بین صفر و یک همواره صحیح نیست، درجه عبور نرخ ارز می‌تواند در شرایطی که منحنی تقاضا برای کالای مورد نظر کاملاً محدب<sup>۱</sup> است بزرگتر از یک باشد، که البته این منحنیها از نظر تجربی کمیاب هستند. از طرف دیگر، تحلیل عبور نرخ ارز می‌تواند در دو دوره زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت تجزیه و تحلیل شود. این دوره‌های زمانی می‌توانند در قالب حالات مختلف عبور نرخ ارز تحلیل شود:

ابتدا، هنگامی عبور نرخ ارز به طور کامل در نظر گرفته می‌شود که در آن، قیمت واردات بر حسب پول خارجی و قیمت صادرات، بر حسب پول داخلی ثابت بماند. در این حالت، کاهش ارزش پول کشور منجر به بدتر شدن رابطه مبادله آن کشور می‌شود. عبور نرخ ارز کامل به دیدگاه کینزی مربوط است (دوره کوتاه‌مدت زمانی). در حالت دیگر افزایش حجم تجارت، وقتی که پول داخلی ارزش خود را از دست می‌دهد، به صورت آشکاری باعث بهبود رابطه مبادله می‌شود. اگر تراز بازرگانی اولیه کسری داشته باشد، بهبود رابطه مبادله وقتی که تراز بازرگانی بر حسب پول خارجی ارزش‌گذاری می‌شود، بیشتر خواهد بود. در این حالت درجه عبور نرخ ارز صفر است (دورکس و انکل ۲۰۰۲).

در یک حالت دیگر، عبور نرخ ارز نامتقارن است. در اینجا صادرکنندگان داخلی، دارای عبور نرخ ارز صفر بوده، در حالی که صادرکنندگان خارجی به بازارهای داخلی، دارای عبور نرخ ارز صدمصد هستند. این حالت، اشاره به یک اقتصاد تجاری کوچک دارد که در آن نفوذ اقتصادی ناچیز بوده و بر این اساس، همه مبادلات بر حسب پول خارجی تعریف می‌شوند. عکس این شرایط نیز صادق است که در آن، صادرکنندگان داخلی عبور نرخ ارز صدمصد و صادرکنندگان خارجی عبور نرخ ارز صفر را اعمال می‌کنند. در این حالت که رابطه مبادله در نتیجه تغییرات نرخ ارز تغییر نمی‌یابد، مربوط به اقتصاد بزرگ تقریباً بسته است که همه مبادلات تجاری بر حسب پول این کشور بزرگ قیمت‌گذاری می‌شوند. در نهایت، زمانی که عبور نرخ ارز ناقص است، میزان کاهش در رابطه مبادله کمتر از میزان کاهش در ارزش پول خواهد بود، لذا تغییرات کوتاه‌مدت تراز بازرگانی، در نتیجه کاهش ارزش پول به میزان کمتری ایجاد می‌شود. در این شرایط، اثر کاهش ارزش پول روی تراز بازرگانی، هرگز به اندازه زمانی که عبور نرخ ارز کامل است، نخواهد بود. زمانی که عبور نرخ ارز اندک است، کاهش ارزش بازاری پول داخلی باید تراز بازرگانی را در کوتاه‌مدت بهبود بخشد. زیرا، ممکن است رابطه مبادله بهبود یابد، یعنی عبور نرخ ارز نامتقارن است و در تعادل اولیه تراز بازرگانی، ارزش تراز بر حسب پول داخلی و خارجی بدون تغییر باقی می‌ماند. با این خلاصه مربوط به مفهوم عبور نرخ ارز، در بخش بعدی سابقه پژوهش مرور می‌شود و با توجه به اینکه بررسی موضوع در اکثر مطالعات به درجه کامل بودن و یا ناقص بودن عبور نرخ ارز مربوط می‌شود، به طور عمده عبور نرخ ارز از طریق تغییر در قیمت واردات دنبال می‌شود.

1. extremely convex

2. Devereux &amp; Engel (2002)

## ۲. سابقه پژوهش

اگر چه سابقه پژوهش در ادبیات داخلی در خصوص عبور نرخ ارز بسیار ناچیز است، اما در ادبیات جهانی خصوصاً در یکی دو دهه اخیر، از حجم کمی قابل توجهی برخوردار بوده است. در ادبیات داخلی می‌توان به کارهای مطالعاتی شجری، طیبی و جلاتی (۱۳۸۴) اشاره کرد که در یک مدل اقتصاد باز نشان می‌دهند که تحلیل عبور نرخ ارز در ایران وجود داشته و در کوتاه‌مدت و بلندمدت نیز با هم متفاوت است همچنین، نصرافهانی و یآوری (۱۳۸۲) برای تحلیل عوامل اسمی و واقعی مؤثر بر تورم در ایران به بررسی اثرات نرخ ارز بر قیمت‌های داخلی پرداخته و از طریق تحلیل خودرگرسیون برداری نشان می‌دهند که تکانه‌های نرخ ارز در کوتاه‌مدت و بلندمدت بر تورم تأثیر می‌گذارد. زنگنه (۱۳۸۱)، اثرات عبور نرخ ارز در ایران بر روی قیمت صادرات را به کمک روش حداقل مربعات معمولی تحلیل می‌کند و نتیجه می‌گیرد که عبور نرخ ارز بر قیمت صادرات در ایران کامل نیست. از آنجا که عبور نرخ ارز به رفتار نرخ ارز واقعی مربوط است، می‌توان به مطالعات انجام گرفته در این زمینه نیز اشاره کرد؛ از جمله آنها مطالعه‌ای است که ابریشمی و رحیمی (۱۳۸۳)، در آن عوامل کوتاه‌مدت و بلندمدت تعیین کننده نرخ ارز واقعی در چارچوب سه کالایی را بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که در بلندمدت نرخ ارز واقعی برای واردات با رابطه مبادله، سهم سرمایه‌گذاری، ذخایر بانک مرکزی و درجه باز بودن اقتصاد و با مخارج مصرفی دولت رابطه داشته است. طیبی و نصرالهی (۱۳۸۱)، در مطالعه‌ای برای تعیین رفتار نرخ ارز واقعی در ایران عواملی چون کارایی کل تولید، نسبت هزینه‌های جاری به عمرانی دولت، رابطه مبادله داخلی، نسبت ذخیره‌های ارزی بانک مرکزی به پایه پولی و شاخص ارزی سرمایه‌گذاری را مؤثر دانسته‌اند. یآوری و قادری (۱۳۸۳)، در بخشی از مقاله خود نشان می‌دهند که حجم پول، سطح قیمت‌ها، انتظارات در رابطه با تورم داخلی، خالص بازدهی پول خارجی، سرمایه‌گذاری، اندازه دولت و درآمدهای نفتی اثر معنی‌داری بر نرخ ارز واقعی داشته‌اند.

همچنین در ادبیات داخلی، می‌توان به مطالعات طاهری فرد (۱۳۷۸)، روزبه حسینی (۱۳۷۸)، قاسملو (۱۳۷۷)، خالصی (۱۳۷۶)، نادری و لاشجردی (۱۳۷۳)، پدram (۱۳۷۹) و جیل عاملی و برادران شرکاء (۱۳۸۲) اشاره کرد که در این مطالعات برای تبیین رفتار نرخ ارز واقعی در اقتصاد ایران، عواملی چون تغییرات درآمدهای نفتی، مالیات بر واردات، نرخ مبادله خارجی و درجه باز بودن اقتصاد مؤثر دانسته شده است.

در ادبیات جهانی ادواردز (۱۹۸۹)<sup>۱</sup>، یک مدل نظری از رفتار نرخ ارز واقعی را توسعه داد و معادله‌ای برای تخمین پویاییهای نرخ ارز واقعی ارائه نمود و نشان داد که در بلندمدت نرخ ارز واقعی متأثر از متغیرهای حقیقی است و در کوتاه‌مدت ممکن است تحت تأثیر عوامل اسمی و واقعی قرار گیرد. بنابراین، به نظر وی عوامل بنیادی تعیین کننده نرخ ارز واقعی عبارتند از: رابطه مبادله، میزان و ترکیب

مخارج دولت، کنترل بر جریان سرمایه، کنترلهای ارزی و تجاری، پیشرفت فن آوری و موجودی سرمایه همچنین او در سال ۱۹۸۹، در مطالعه دیگری رابطه بین کاهش ارزش پول و عبور نرخ ارز را در نظامهای مختلف ارزی ارزیابی کرد. کنت و دویر (۱۹۹۳)<sup>۱</sup>، سه عامل عمده یعنی: کششهای نسبی عرضه و تقاضای کالاهای مورد مبادله، شرایط اقتصاد کلان و محیط اقتصاد خرد را به عنوان عوامل مؤثر بر درجه عبور نرخ ارز معرفی کرده‌اند. این دو در مطالعه خود همچنین، به بررسی عبور نرخ ارز بر قیمت‌های واردات و صادرات صنعتی کشور استرالیا پرداخته‌اند. مهمترین هدف آنها در این مطالعه، برآورد پویاییهای عبور نرخ ارز بر حسب قیمت‌های واردات و صادرات صنعتی در استرالیا بوده است. به طوری که روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت را برای صادرات و واردات به طور مجزاً تخمین می‌زنند و نتیجه می‌گیرند که در بلندمدت استرالیا به عنوان یک اقتصاد باز کوچک در واردات گیرنده قیمت است، بنابراین عبور نرخ ارز تقریباً کامل است. تیلور (۲۰۰۰)<sup>۲</sup>، در جهت تبیین عوامل مؤثر بر درجه عبور نرخ ارز به بیان عوامل کلان اقتصادی توجه می‌کند که از جمله اصلی‌ترین عامل مورد نظر شرایط محیط تورمی<sup>۳</sup> است. به عقیده وی در این محیط، افزایش هزینه‌ها دائمی تلقی شده و لذا، قیمت‌های داخلی به میزان بیشتر و وسیع‌تری به تغییر نرخ ارز عکس‌العمل نشان می‌دهند. بدین لحاظ یک محیط تورمی، تمایل به افزایش درجه عبور نرخ ارز را فراهم می‌کند. چودری و هاگورا (۲۰۰۳)<sup>۴</sup>، فرضیه پیشنهادی تیلور مبنی بر اینکه محیط غیرتورمی منجر به عبور نرخ ارز اندک به قیمت‌های داخلی می‌شود را آزمون می‌کنند. آنها برای آزمون فرضیه مذکور، یک رابطه برای عبور نرخ ارز بر مبنای مدل‌های جدید اقتصادکلان باز استخراج می‌کنند. نتایج مطالعه وجود ارتباط مثبت و قابل توجه بین عبور ارز و متوسط نرخ تورم بین کشورها و دوره‌ها را توجیه می‌کند. لیت و رسی (۲۰۰۲)<sup>۵</sup> با استفاده از داده‌های کشور ترکیه عبور نرخ ارز بر روی قیمت‌های مختلف را در این کشور بررسی می‌کنند، به طوری که هدف اصلی آنها نشان دادن عبور نرخ ارز در رژیم‌های مختلف ارزی است. آنها مشخص می‌کنند که در زمان شناور سازی لیره ترکیه در سال ۲۰۰۱، شرایط عبور نرخ ارز با قبل از شناور سازی با هم کاملاً متفاوت است و همچنین، نشان داده‌اند که عبور نرخ ارز بر قیمت‌های عمده فروشی در مقایسه با قیمت‌های خرده فروشی بیشتر است. اسمتز و وترز (۲۰۰۲)<sup>۶</sup> نیز تأثیر عبور نرخ ارز بر سیاست‌های پولی و درجه باز بودن اقتصاد را برای منطقه یورو بررسی کرده و نشان می‌دهند که بانک مرکزی اروپا برای اجرای سیاست پولی بهینه بایستی بر قیمت‌های داخلی و مقدار واردات کنترل داشته باشد. طیبی و جلائی (۲۰۰۳)<sup>۷</sup>، در مقاله‌ای تأثیر عبور نرخ ارز را بر جریان تجاری و رشد اقتصادی کشورهای اروپایی مورد مطالعه قرار می‌دهند، آنها از طریق رابطه بین تکانه‌های پولی و عبور نرخ ارز، جریان تجاری و رشد اقتصادی کشورهای اروپایی را ارزیابی کرده‌اند. در این تحقیق که از آمارهای دوره ۱۹۷۲-۲۰۰۱ کشورهای اروپایی استفاده شده به کمک دستگاه

1. Kent &amp; Dwyer (1993)

3. inflationary environment

5. Leight &amp; Rossi (2002)

2. Taylor (2000)

4. Choudhri &amp; Hakura (2001)

6. Smets &amp; Wouters (2002)

معادلات همزمان، مدل‌های اقتصاد کلان کشورهای اروپایی برآورد و میزان عبور نرخ ارز در آنها مشخص شده و سپس، تأثیر این عبور بر جریان تجارت و رشد اقتصادی کشورهای اروپایی دیده شده است. همچنین، آنها نشان داده‌اند که تأثیر عبور نرخ ارز برای همه کشورهای اروپایی خصوصاً بروی جریان تجاری یکسان نبوده است. فاروق (۲۰۰۴)<sup>۱</sup> در مطالعه دیگری بر نقش عبور نرخ ارز بر مکانیسم قیمت‌ها در حوزه اروپا تأکید می‌کند.

در ادبیات جهانی نیز، برای تبیین عبور نرخ ارز می‌توان به مطالعات مهم دیگری از جمله دورکس و انگل (۲۰۰۲)، آدلفسن (۲۰۰۱)<sup>۲</sup>، کامپا و گونزالس (۲۰۰۲)<sup>۳</sup>، کامپا و گلدبرگ (۲۰۰۲)<sup>۴</sup>، گریگور (۲۰۰۳)<sup>۵</sup>، هانت و پیتر (۲۰۰۳)<sup>۶</sup> اشاره نمود، به طوری که اینها مطالعات خود را به سمت بررسی ارتباط بین عبور نرخ ارز و سیاست‌های پولی سوق داده‌اند. از طرف دیگر، می‌توان برای ارتباط بین عبور نرخ ارز و درجه باز بودن اقتصاد و سیاست‌های ارزی به مطالعات ملوین (۱۹۸۵)<sup>۷</sup>، ساویدز (۱۹۹۲)<sup>۸</sup> و هالپرن (۱۹۹۶)<sup>۹</sup> اشاره کرد که در آنها رابطه متغیر عبور نرخ ارز و درجه باز بودن اقتصاد و سیاست‌های ارزی برای کشورهای مختلف نتیجه شده است. همچنین برای تعیین رفتار نرخ ارز واقعی و عوامل مؤثر بر عبور نرخ ارز، می‌توان در کنار مطالعه ادواردز به مطالعات خارش و پینتو (۱۹۸۹)<sup>۱۰</sup>، خان لیزوندو (۱۹۸۷)<sup>۱۱</sup>، دوربنوش (۱۹۸۸)<sup>۱۲</sup>، موسا (۱۹۹۴)<sup>۱۳</sup>، آرون و البداوی (۱۹۹۷)<sup>۱۴</sup> توجه کرد.

### ۳. تصریح یک مدل اقتصاد باز

به کمک ادبیات موضوع، که به خلاصه‌ای از آن در بخش‌های اول و دوم این مقاله اشاره شد، مدل عبور نرخ ارز مبتنی بر یک چار چوب نظری — تجربی تبیین می‌شود. در اکثر مطالعات انجام شده عبور نرخ ارز بر تغییر پذیری قیمت واردات متمرکز می‌گردد. به عبارت واضح‌تر، عبور نرخ ارز از طریق واردات و انعکاس در شاخص قیمت واردات تحلیل می‌شود، به طوری که چسبندگی این قیمت‌ها موجب عبور نرخ ارز ناقص می‌شود (تیلور، ۲۰۰۰).

به پیروی از اسمتز و وترز (۲۰۰۲) یک مدل خطی اقتصاد باز به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\hat{e}_t = \hat{e}_{t+1} + \hat{R}_t - \hat{R}_t^* \quad (1)$$

که در آن،  $\hat{e}_t$ ،  $\hat{e}_{t+1}$ ،  $\hat{R}_t$  و  $\hat{R}_t^*$  به ترتیب عبارتند از نرخ ارز واقعی، نرخ ارز واقعی دوره آتی، نرخ بهره جاری و نرخ بهره جهانی دوره  $t$ .

1. Faruquee (2004),
2. Adolfson (2001), Campa & Gonzalez (2002), Campa & Goldberg (2002), Gueorguier (2003) & Hunt & Peter (2003)
3. Melvin (1985), Savvides (1992) & Halpern (1996)
4. Kharsh & Pinto (1989), Khan and Lizondo (1987), Dornbusch (1988), Mussa (1994) & Aron & Elbadawi (1997)

همچنین برای تورم داخلی ( $\pi_{D,t}$ ) رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\pi_{D,t} = \hat{P}_{D,t} - \hat{P}_{D,t-1} \quad (2)$$

که در آن،  $\hat{P}_{D,t}$ ،  $\hat{P}_{D,t-1}$  شاخص قیمت داخلی مصرف کننده در دوره  $t$  و  $t-1$  است. به طور مشابه، اسمتزر و وترز (۲۰۰۲)، معادله تورم قیمت واردات  $\hat{P}_{F,t} = \hat{P}_{F,t} - \hat{P}_{F,t-1}$  را به صورت زیر تعریف می‌کنند.

$$\hat{\pi}_{F,t} = \frac{\beta}{1 + \beta\gamma_F} \hat{\pi}_{F,t+1} + \frac{\gamma_F}{1 + \beta\gamma_F} \hat{\pi}_{F,t-1} - \frac{(1 - \beta\varepsilon_F)(1 - \varepsilon_F)}{(1 + \beta\gamma_F)\varepsilon_F} [\hat{P}_{F,t} - \hat{e}_t] \quad (3)$$

که در آن،  $\hat{\pi}_{F,t}$ ،  $\hat{\pi}_{F,t-1}$ ،  $\hat{\pi}_{F,t+1}$  و  $\hat{P}_{F,t}$  به ترتیب عبارتند از: تورم وارداتی در دوره  $t$ ، تورم وارداتی در دوره  $t-1$  و شاخص قیمت واردات در دوره  $t$ . در اینجا فرض بر این است که سطح قیمت‌های خارجی ثابت است. براین اساس، معادله تعادل بازار کالاها به شکل زیر بسط داده می‌شود:

$$\hat{y}_t = -\lambda\alpha_c(1 - \alpha_c)(1 - \alpha_y)(\hat{P}_{D,t} - \hat{P}_{F,t}) + (1 - \alpha_c)(1 - \alpha_y)\hat{C}_t - \lambda(\alpha_y + (1 + \alpha_y)\alpha_c)\hat{P}_{D,t}^* + (1 + (1 - \alpha_c)(1 - \alpha_y))\hat{C}_t^* \quad (4)$$

و در نهایت، سطح قیمت مصرف کننده با رابطه زیر به دست آمده است:

$$\hat{P}_t = (1 - \alpha_c)\hat{P}_{D,t} + \alpha_c\hat{P}_{F,t} \quad (5)$$

با عبور نرخ ارز کامل، قیمت خارجی صادرات با قیمت داخلی برحسب پول خارجی برابر خواهد بود:

$$\hat{P}_{D,t}^* = \hat{P}_{D,t} + \hat{e}_t \quad (6)$$

با توجه به رابطه‌های فوق، هرگونه تغییر در تجارت می‌تواند آثاری را بر هزینه‌های نهایی واقعی و در نتیجه، تورم ایجاد کند. بهبود در تجارت هم تقاضای خارجی و هم تقاضای داخلی برای کالاهای تولید شده در داخل را افزایش می‌دهد، که این امر باعث کاهش هزینه نهایی تولید یک واحد اضافی محصول می‌شود. کاهش در هزینه نهایی در کاهش تورم داخلی نیز منعکس خواهد شد. افزون بر این، بهبودی در تجارت، اثر مستقیمی بر هزینه نهایی واقعی از طریق قیمت کالاهای واسطه‌ای وارداتی می‌گذارد و میزان این تأثیر قطعاً به درجه باز بودن اقتصاد بستگی خواهد داشت. بنابراین، این نکته آشکار می‌شود که یک رابطه تعاملی بین تولید ناخالص داخلی واقعی، شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی داخلی، نرخ بهره اسمی کوتاه‌مدت، نرخ ارز واقعی و شاخص قیمت کالاهای وارداتی وجود دارد، به طوری که بازخورد تغییرات نرخ ارز و قیمت واردات نسبت به یکدیگر تبیین کننده نظریه عبور نرخ ارز است.

در این مقاله به دلیل عدم وجود حساسیت نرخ بهره اسمی کوتاه‌مدت در ایران، این متغیر حذف و

مدل عبور نرخ ارز در قالب یک چارچوب تجربی برای اقتصاد ایران به صورت زیر تصریح می‌شود:

$$PIMP = F(REXRM, PRPI, GDPR, PWOR) \quad (7)$$



که در آن  $PIMP$  شاخص قیمت واردات،  $REXRM$  نرخ ارز واقعی،  $PRPI$  شاخص خرده فروشی،  $GDPR$  تولید ناخالص داخلی واقعی و  $PWOR$  شاخص قیمت جهانی است. همان طور که مدل نشان می‌دهد، برای اینکه بتوان آثار عبور نرخ ارز را ارزیابی کرد باید عوامل تأثیرگذار بر نرخ ارز واقعی را مشخص نمود تا بتوان آثار قیمتی که از طریق نرخ ارز خود را نشان می‌دهد، تعیین و مسیر آن را مشخص کرد. با تبعیت از خارش و پینتو (۱۹۸۹)، برای تحلیل متغیرها و رفتار نرخ ارز واقعی در زمان  $t$  می‌توان از رابطه‌های زیر استفاده کرد:

$$G_t = P_{NT} G_{NT} + E_t P_{MT}^* G_{MT} \quad (۸)$$

که در آن،  $G_t$  مخارج دولت،  $P_{NT}$  قیمت کالاهای غیرتجاری و  $P_{MT}$  قیمت کالاهای وارداتی بدون تعرفه و  $E_t$  نرخ ارز رسمی است که مشخصاً با وجود تعرفه بر واردات خواهیم داشت:

$$PM_t = E_t p_{tM}^* + t_t \quad (۹)$$

که  $PM_t$  قیمت کالاهای وارداتی همراه با تعرفه  $t_t$  است. اگر نرخ ارز واقعی واردات و نرخ ارز واقعی صادرات به ترتیب با  $e_x$  و  $e_m$  نشان داده شود، بنابراین:

$$e_x = \frac{E_t}{P_{tx}} \quad , \quad e_m = \frac{P_{tm}}{P_m} \quad (۱۰)$$

مصرف بخش خصوصی از کالاهای قابل تجارت وارداتی و کالاهای غیر قابل تجارت به صورت تابعی از ثروت و نرخ ارز واقعی وارداتی به صورت زیر در نظر گرفته شده است (ادواردز ۱۹۸۹):

$$G_{tN} = C_{tN}(e_m, a) \quad , \quad C_{tm} = C_{tm}(e_m, a) \quad (۱۱)$$

کل مخارج دولت شامل مخارج ناشی از کالاهای قابل تجارت وارداتی و غیر قابل تجارت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$G_t = P_{tN} G_{tN} + E_t p_{tm}^* G_{tm} \quad (۱۲)$$

حساب جاری از تفاضل میان صادرات و واردات هم به صورت زیر قابل تعریف است:

$$N_{tX} = Q_{tX}(e_x) = p_{tm}^* C_{tT}(e_m, a) = p_{tm}^* G_{tm} \quad (۱۳)$$

در این معادله،  $Q_{tX}$  مقدار صادرات بوده که تابعی از نرخ ارز واقعی صادرات است. میزان مازاد حساب جاری هم نشان دهنده تغییرات در ذخایر ارز خارجی است:

$$R_t^* = N_{tX} \quad (۱۴)$$

همچنین طبق اتحاد پولی، تغییرات در حجم پول با حاصل جمع تغییرات در ذخایر ارز خارجی و تغییرات در اعتبارات داخلی به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$M_t^* = D^* C_t + E_t R_t^* \quad (۱۵)$$

در اینجا،  $M_t$  حجم پول و  $DC_t$  اعتبارات داخلی است. از طرف دیگر، دولت جهت تأمین مخارج خود از مالیاتها، اعتبارات داخلی پول و درآمدهای نفتی استفاده می‌کند:

$$G_t = T_t + oil_t + D \cdot C_t \quad (۱۶)$$

$T_t$  درآمد مالیاتی و  $oil_t$  درآمد نفتی است.

حال، به کمک معادلات فوق می‌توان گفت که عوامل حقیقی تأثیرگذار بر نرخ ارز واقعی شامل نرخ مبادله تجاری، نسبت مخارج دولت در کالاهای غیر قابل تجارت به تولید ناخالص داخلی، تعرفه‌های وارداتی، بهبود تکنولوژی و نسبت سرمایه‌گذاری به تولید ناخالص داخلی است. همچنین به کمک مطالعه ملوین (۱۹۸۴)، می‌توان از متغیرهای درجه باز بودن اقتصاد و نوسانات پولی داخلی به عنوان عوامل مؤثر بر رفتار نرخ ارز واقعی استفاده کرد که نوسانات پولی داخلی نیز از طریق دو نوع تکانه پولی  $M_1$  و اعتبارات داخلی بر نرخ ارز واقعی تأثیر می‌گذارد. با توجه به شرایط اقتصاد ایران و عوامل مؤثر بر نرخ ارز واقعی و مدل‌های نظری بیماری هلندی<sup>۱</sup>، افزایش درآمدهای نفتی، تقاضا برای تمامی کالاها خواه قابل مبادله و یا غیر قابل مبادله را تغییر خواهد داد. بنابراین، از متغیرهای اثرگذار بر نرخ ارز واقعی می‌توان به درآمدهای ناشی از نفت نیز اشاره کرد، که همواره نوسان در این نوع درآمدها تغییرات در ارزش برابری پول را به دنبال داشته و اثرات قیمتی آن از طریق تغییرات نرخ ارز واقعی ظهور می‌یابد. این تغییرات نشانه‌های عبور نرخ ارز در اقتصاد ایران نیز است. با توجه به مطالعه موسی (۱۹۸۶) می‌توان برای تعیین اثر نظام ارزی بر رفتار نرخ ارز واقعی از متغیر شکاف بین نرخ ارز بازار آزاد و نرخ ارزی اسمی به عنوان متغیر جانشین برای تعیین سیاستهای ارزی و نوع نظام ارزی استفاده کرد.

بنابراین به تبعیت از ادبیات موضوع، مدل نظری- تجربی برای اقتصاد ایران که قادر باشد تأثیر سیاستهای اقتصادی را بر رفتار نرخ ارز واقعی و در نتیجه عبور نرخ ارز نشان دهد، تصریح شده است. مدل مورد نظر در این مقاله به صورت زیر قابل تعریف است:

$$REXRM = F(GEG, TOTG, CVET, IXMG, DEMEN, OILR, INGD, TAIM) \quad (۱۷)$$

که در آن،  $REXRM$  نرخ ارز واقعی،  $GEG$  نسبت مخارج دولت در کالاهای غیر قابل تجارت به تولید ناخالص داخلی که به صورت نسبت مخارج دولت به تولید ناخالص داخلی اندازه‌گیری شده است،  $TOTG$  رابطه مبادله کالایی،  $CVET$  ضریب تغییرات اعتبارات داخلی است که به عنوان شاخص سیاستهای پولی تعریف شده است،  $IXMG$  شاخص درجه باز بودن اقتصاد است که به صورت نسبت حاصل جمع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی بیان می‌شود،  $DEMEN$  شکاف نرخ ارز آزاد و اسمی است که به عنوان متغیر جانشین سیاستهای ارزی و تجاری دولت به کار برده می‌شود،  $OILR$

درآمدهای نفتی واقعی،  $INGD$  نسبت سرمایه‌گذاری به تولید ناخالص داخلی و  $TAIM$  متغیر مالیات بر واردات است.

در بخش بعدی به معرفی اجمالی سیستم‌های فازی عصبی و روش کاربرد سیستم مشخصی از آنها یعنی ANFIS پرداخته می‌شود.

#### ۴. سیستم‌های فازی عصبی

در الگوریتم کنترل فازی، از مجموعه‌ای از قواعد تصمیم‌گیری حسی، ذهنی و یا قواعد تجربی متخصصین، بدون نیاز به هیچ مدل ریاضی استفاده می‌شود. این الگوریتمها روش مؤثری در استفاده از حالات تقریبی و غیردقیق دنیای واقعی به شمار می‌روند (کارتالوپولس، ۱۳۸۱).

شبکه‌های عصبی، همانند رگرسیون، ابزاری برای تقریب توابع و یافتن ارتباط میان متغیرهای مستقل و وابسته است. مهمترین تفاوت میان شبکه‌های عصبی و رویکردهای سنتی آماری، در تقریب توابع آنها است که شبکه‌های عصبی بر خلاف روشهای سنتی آماری هیچ پیش فرضی در مورد توزیع و یا خواص آماری داده‌ها به عمل نمی‌آورند و از این نظر می‌توانند در عمل کارایی بیشتری داشته باشند. ضمن آنکه این شبکه‌ها، در زمره رویکردهای غیرخطی در تدوین مدلها قرار دارند و از این منظر نیز، در مواجهه با داده‌هایی که پیچیده و غیرخطی هستند، با دقت بیشتری می‌توانند آنها را در قالب یک مدل مشخص بیان کنند (قدیمی و مشیری، ۱۳۸۱). از طرف دیگر، ترکیب دو روش هوشمند فازی و شبکه‌های عصبی، روشی توانا برای مدل سازی و کنترل سیستم‌های مختلف ایجاد می‌کند، که هر یک از آنها کاستیها و نقاط ضعف روش دیگر را جبران کرده و باعث افزایش بازدهی آن می‌شود.

ایده اصلی یک سیستم فازی عصبی یافتن پارامترهای یک سیستم فازی و به عبارت دیگر، یافتن توابع عضویت مناسب و قواعد فازی به کمک روشهای یادگیری به دست آمده از شبکه‌های عصبی است. توان یادگیری شبکه‌های عصبی این نظریه را به عنوان اولین گزینه در ترکیب با سیستم‌های فازی قرار داده و امروزه از ترکیب این دو در زمینه‌های مختلف از جمله برآورد و اندازه‌گیری الگوهای اقتصادی که حتی از روابط غیرخطی نیز برخوردارند، استفاده می‌شود (احمدی، ۱۳۸۱). از آنجایی که روابط تبعی از متغیرهای اقتصادی مثل نرخ ارز و قیمت‌های داخلی و خارجی به صورت غیرخطی شکل می‌یابد، استفاده از سیستم‌های فازی عصبی با توجه به دقت عمل آنها کار ساز است.

یکی از سیستم‌های فازی عصبی که الگوریتم یادگیری آن منطبق با روشهای یادگیری تلفیقی است، سیستم ANFIS است. این شبکه را می‌توان برای هر دو نوع سیستم فازی ممدانی و سوگینو<sup>۱</sup> به کار برد، اگر بتوان از دانش افراد خبره به شکلی استفاده کرد که این دانش بتواند چگونگی تغییرات متغیرهای سیستم را به صراحت و به خوبی بیان کند در آن صورت، قواعد فازی در پایگاه قواعد بر اساس

منطق مددانی طراحی می‌شود، ولی در غیر این صورت، بهتر است که قسمت تالی قواعد شرطی فازی را به صورت ترکیب خطی از متغیرهای مستقل که یک سیستم فازی سوگینو است بیان کرد. شبکه ANFIS عموماً برای مدل‌هایی به کار می‌رود که دارای یک خروجی است. این شبکه‌ها از تعدادی لایه مختلف تشکیل شده که هر لایه شامل گره‌های مختلفی است، گره‌های خروجی می‌توانند به صورت ثابت و یا خطی باشند، ولی برای لایه‌های میانی بایستی توابع عضویت مختلفی تعریف شوند که تعداد آنها به تعداد شکل فازی متغیرها بستگی دارد (شینگ و جنگ، ۱۹۹۳).<sup>۱</sup> در نرم‌افزار MATLAB توابع عضویت مختلفی از جمله توابع عضویت زنگی شکل تعمیم یافته، گوسی، ترکیبی گوسی، سیگموئیدی، S شکل، دوزنقه شکل و مثلثی شکل تعریف شده اند.

در مدل طراحی شده برای عبور نرخ ارز و همچنین، عوامل مؤثر بر آن در روش ANFIS ابتدا، جمع‌آوری داده‌ها برای آموزش انجام شد، که در این مرحله داده‌ها به صورت سالانه برای همه متغیرها طی دوره ۱۳۸۱-۱۳۳۸ جمع‌آوری شده این دوره برای آموزش، و داده‌های آزمون نیز برای سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۱ در نظر گرفته شده‌اند. گام دوم ایجاد سیستم فازی منطقی است که در این مرحله باید بر اساس دانش افراد خبره پایگاه قواعد فازی را تشکیل داد، و یا اینکه بر اساس داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل و وابسته، در شبکه‌های عصبی پایگاه قواعد را ساخت که در حالت دوم لازم است برای هر یک از متغیرها اعم از وابسته و مستقل توابع عضویت خاصی معرفی کرد. طبیعی است که شکل نهایی توابع عضویت معمولاً از طریق سعی و خطا مشخص می‌شود که در این مطالعه، بیشتر زنگی شکل و گوسی بوده است. در گام سوم پردازش داده‌ها صورت گرفته، چون با بررسی متغیرها نشان داده شده که دارای حالت غیر نرمال هستند، بنابراین، به منظور برآزش بهتر مدل به وسیله سیستم از تبدیل لگاریتمی این متغیرها استفاده و به تفاضل‌گیری از مرتبه اول هم توجه شد که از نظر آماری تبدیل لگاریتمی نتایج بهتری داشته است. در مرحله بعد آموزش و آزمون اعتبار شبکه انجام شد، در اینجا اعتبار مدل بر اساس داده‌های آزمون تشخیص داده شد. باید توجه داشت که عوامل مختلفی در فرایند آموزش نقش دارند از جمله: تعداد دوره‌های آموزشی، نگاشت روی داده‌های آموزشی و سپس اعمال آنها به شبکه جهت آموزش، افزایش یا کاهش تعداد داده‌های آموزشی (به ویژه اگر کرانه‌های تغییرات متغیرهای ورودی و خروجی را عوض کنند)، نوع و تعداد توابع عضویت ورودی و نوع تابع عضویت خروجی، اندازه گام اولیه و نرخ افزایش یا کاهش گامها.

اصولاً آموزش شبکه، یک فرایند تکراری است و در دوره‌های مختلفی انجام می‌شود. شرط اتمام آموزش شبکه معمولاً این است که خطای میان خروجی‌های واقعی و خروجی‌های ANFIS به حد مطلوبی برسد. شبکه‌ای که پارامترهایش در فرایند آموزش مرتباً تصحیح می‌شود پس از اتمام آموزش، شبکه آموزش یافته نامیده می‌شود. گام بعدی به کارگیری الگوریتم‌های یادگیری است که در این مقاله

از الگوریتم تلفیقی حداقل مربعات و گرادیان نزولی برای برآورد استفاده شده است. مرحله نهایی آزمون نتایج، در این مرحله برای اینکه از صحت آموزش شبکه مطمئن شوند داده‌هایی به غیر از داده‌هایی که آموزش داده شده‌اند را به شبکه اعمال و خروجی حاصل را با خروجی مطلوب مقایسه می‌کنند، در صورتی که خطای خروجی در حد قابل قبولی باشد، شبکه به درستی آموزش یافته است.

به طور کلی، مراحل کار در شبکه فازی عصبی به صورت زیر تقسیم بندی می‌شود:

(۱) تولید شبکه ANFIS اولیه

(۲) آموزش شبکه

(۳) ارزیابی کار شبکه (محاسبه خروجی به ازای یک ورودی مشخص).

در نرم‌افزار MATLAB سه دستور `genfis1`، `anfis` و `evalfis` برای این سه مرحله در نظر گرفته شده‌اند. در دستور `anfis` مدل اصلی آموزش، سیستم‌های استنتاج فازی نوع سوگینو است که دارای یک خروجی است. `anfis` نیز یک الگوریتم یادگیری ترکیبی را جهت شناسایی پارامترهای سیستم استنتاج فازی نوع سوگینو به کار می‌برد و ترکیبی از روش کمترین مربعات و روش نزول گرادیان پس انتشار را جهت آموزش پارامترهای تابع عضویت FIS اعمال می‌کند. همچنین در دستور `genfis1` نیز یک ساختار (FIS) نوع سوگینو تولید می‌کند که به عنوان شرایط اولیه برای آموزش `anfis` به کار می‌رود. دستور `evalfis` نیز شامل آرگومانهایی از جمله: `Fismat`، `Input`، `Output`، `Numpts` و... است.

با توجه به توضیحات داده شده، بستر لازم برای برآورد مدل و ارائه نتایج آن در بخش بعدی فراهم شده است، که برآورد مدل از طریق سیستم ANFIS (باتوجه به الگوریتم فوق) و به کمک نرم‌افزار MATLAB صورت می‌گیرد.

## ۵. برآورد مدل

در این بخش مدل PIMP و مدل REXRM به طور جداگانه و همچنین، مدل دیگری به طور همزمان به کمک آمار سالهای ۱۳۳۸-۱۳۸۱ در سیستم‌های فازی عصبی برآورد می‌گردد، همان‌طور که اشاره شد، دوره‌های آموزش در سیستم‌های مذکور برای سالهای ۱۳۳۸-۱۳۷۸ در نظر گرفته شده و

۱. معمولاً داده‌ها در مدل شبکه‌های فازی عصبی باید از حجم بالایی برخوردار باشند که البته، بستگی به پیچیدگی در طراحی سیستم دارد (جنگ و سان ۱۹۹۵). اگر چه مشاهدات به کار رفته در این مطالعه مبتنی بر دوره زمانی ۱۳۳۸-۱۳۸۱ است که تا حدودی محدودیت در حجم داده‌ها ایجاد می‌نماید، اما به دلیل اینکه آمارهای رسمی قابل استناد برای متغیرهای اقتصاد کلان ایران از سال ۱۳۳۸ موجود است و همچنین، در فرایند محاسبات مطالعه نشان داده می‌شود که خطای مدل در حداقل ممکن قرار دارد، پس می‌توان به صحت نتایج کسب شده اعتماد کرد.

داده‌های آزمون نیز شامل سالهای ۱۳۷۹-۱۳۸۱ خواهد بود. علت اینکه داده‌های آموزش تا سال ۱۳۷۸ انتخاب شده است اجرای سیاست یکسان سازی نرخ ارز است که شبکه را مجبور نمود تا این اثر را به مدت یکسال در داده‌های آموزش مشاهده کند تا قادر باشد داده‌های آزمون دقیقی برای شبکه ارائه نماید.

#### ۵-۱. مدل ANFIS برای سیستم LPIMP

مدل LPIMP که متغیرهای آن به صورت لگاریتمی هستند، در یک سیستم فازی عصبی با مشخصات زیر برای تعیین وضعیت عبور نرخ ارز و دستیابی به شرایط مطلوب که در آن خطاها به حداقل می‌رسد، طراحی شده است. تعداد گرهای ۲۷، تعداد پارامترهای خطی ۲۰، تعداد پارامترهای غیرخطی ۱۸، تعداد کل پارامترها ۳۸، تعداد زوج داده‌های آموزشی (ورودی-خروجی) ۴۱، تعداد قوانین فازی ۴، بردار تعداد توابع عضویت  $[1, 1, 2, 2] = unmf$ ، تعداد دوره‌های آموزش  $epoch = 200$  و خطای نهایی آموزش  $error = 10^{-5}$ .

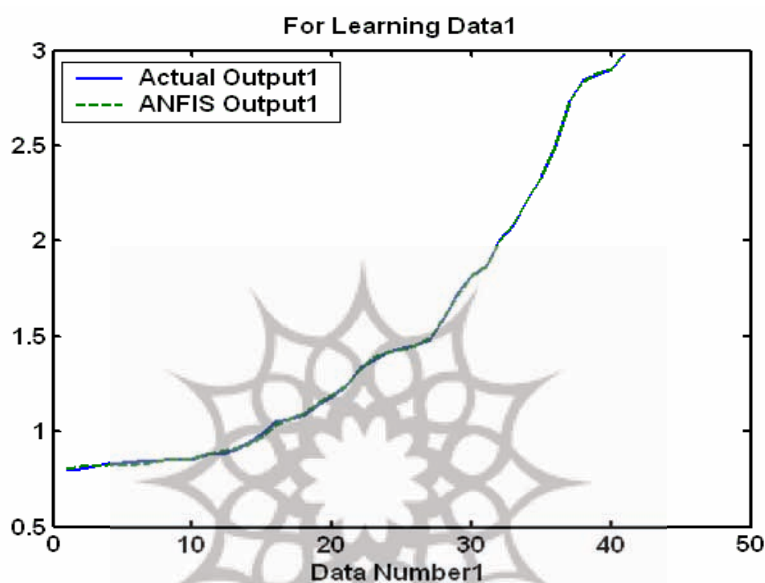
حال، با توجه به شرایط ایجاد شده برای سیستم و طی مراحل طی که در طراحی آن انجام شده است، در نهایت، بهترین مدل برای سیستم اول (مشمول بر مشخصات ذکر شده) انتخاب و نتایج آن در جدول (۱- پیوست) گزارش شده است. همان‌طور که از جدول مشخص است، خطای شبکه برای داده‌های آموزشی در حداقل ممکن قرار دارد و نمودار (۱) این مسئله را کاملاً تأیید می‌کند همچنین، در روش ANFIS تحت فرمان genfis1 وقتی خوشه‌بندی متغیرها صورت می‌پذیرد روابط بین متغیرها تا اندازه‌ای تعدیل می‌گردد، به گونه‌ای که می‌توان توجه سیستم‌های فازی عصبی را به ویژگی‌های آماری خطاهای به دست آمده در این نوع روابط را تا حدودی استنباط کرد. بنابراین با توجه به داده‌های جدول (۱- پیوست)، می‌توان نتیجه گرفت که شبکه برای تحلیل عبور نرخ ارز آماده شده است.

برای اینکه بتوان واکنش‌های LPIMP را نسبت به LREXRM تعیین و درعین حال، میزان وضعیت عبور نرخ ارز را بررسی کرد، در مرحله اول مقدار LREXRM را به اندازه ۱۰ درصد افزایش داده و مجدداً سیستم برای تعیین حساسیت LPIMP برآورده شده است. در مرحله دوم، LREXRM را به اندازه ۲۰ درصد افزایش داده و مجدداً واکنش LPIMP نسبت به تغییر LREXRM دیده شده است. (جدول (۲- پیوست) نشان می‌دهد که عبور نرخ ارز همچنان در ایران

۱. به منظور کسب اطمینان بیشتر در بررسی ویژگی‌های آماری جملات خطا، از روش VAR نیز برای مدل استفاده شد، به طوری که در این روش متغیرهای هر دو مدل از نظر مشکل آماری آزمون شده‌اند و پس از تأیید در سیستم VAR و سیستم فازی عصبی استفاده شده‌اند. با این حال به منظور جلوگیری از طولانی‌تر شدن حجم مقاله از ارائه و تحلیل نتایج تحت روش VAR خودداری شده است.

وجود دارد، به طوری که این وضعیت از طریق واکنش LPIMP نسبت به LREXRM قابل مشاهده است.

نمودار ۱- خروجی واقعی و خروجی برآوردی سیستم LPIMP به ازای داده‌های آموزشی



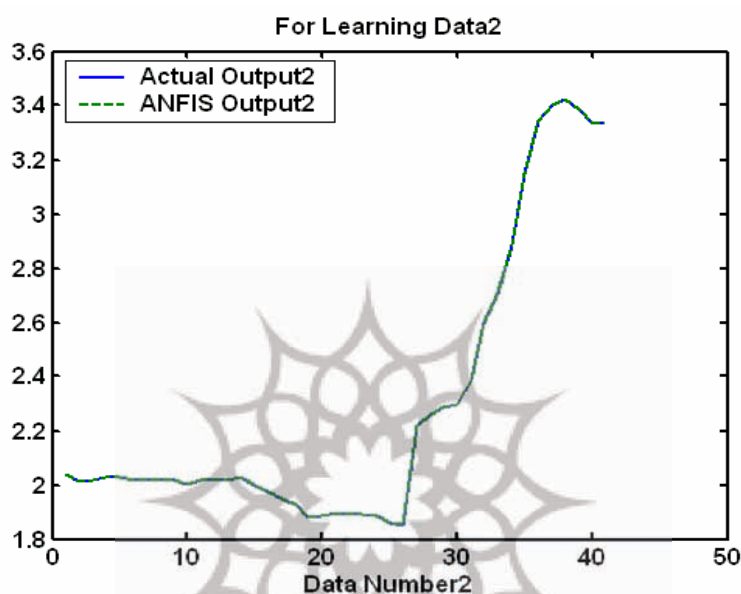
## ۵-۲. مدل ANFIS برای سیستم LREXRM

بعد از اینکه مشخص شد عبور نرخ ارز وجود دارد و سیستم نیز نسبت به این عبور واکنش نشان می‌دهد، باید تأثیر متغیرهای مهم بر درجه عبور نرخ ارز را مشخص کرد. برای این کار مدل به صورت سیستم معادلات درآمد و تأثیر پارامترها در آن تعیین و تعریف می‌شود. به این ترتیب، یک سیستم نیز برای مدل نرخ ارز واقعی (LREXRM) تعیین می‌شود که با توجه مطالب پیش گفته شده با مشخصات زیر طراحی شده است: تعداد گرهها ۱۷۳، تعداد پارامترهای خطی ۵۷۶، تعداد پارامترهای غیرخطی ۵۱، کل پارامترها ۶۲۷، تعداد زوج داده‌های آموزشی ۴۱، تعداد قوانین فازی ۶۴، بردار توابع عضویت  $numMF2 = [4, 1, 1, 1, 4, 1, 1, 4]$ ، تعداد دوره‌های آموزشی  $epoch = 100$  و خطای نهایی آموزشی  $error2 = 10^{-6}$ . تعداد توابع عضویت برای هر یک از ورودیهای سیستم و همچنین، تعداد دوره‌های آموزش نشان دهنده اختصاص زمان بیشتری به این امر بوده است تا به حداقل خطای ممکن برسد که نتایج آن در جدول (۳- پیوست) و شکل (۳) آورده شده است. در عمل، شبکه دوم هم به راحتی قابل اطمینان است که بتواند به تأثیر متغیرهای اثرگذار پاسخ لازم را دهد، ضمن اینکه براساس مبانی نظری



اقتصادی، مدل نرخ ارز واقعی طراحی شده بیشترین متغیرهای تأثیرگذار بر نرخ ارز واقعی در ایران را شناسایی کرده است.

نمودار ۲- خروجی واقعی و خروجی برآوردی سیستم LREXRM به ازای داده‌های آموزشی

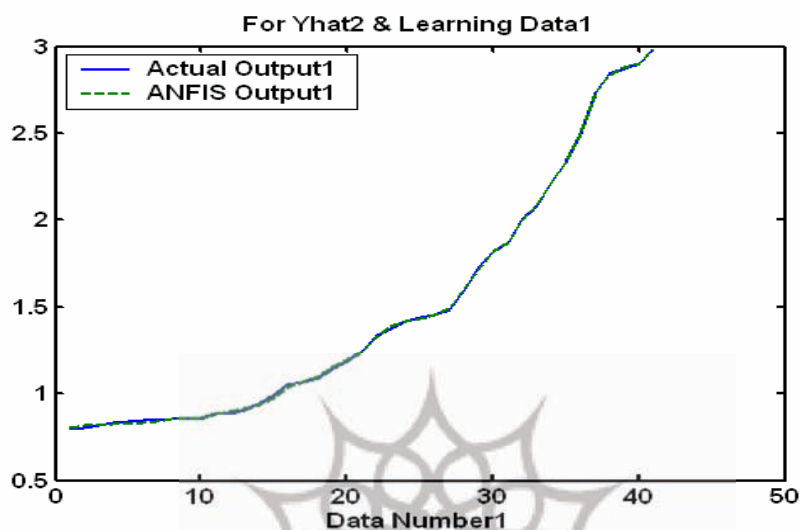


همان‌طور که برآوردهای دو سیستم نشان داده‌اند، نتایج با شرایط واقعی بسیار هماهنگ است. پس، بستر لازم برای مشاهده تأثیر نتایج سیستم LREXRM بر سیستم LPIMP فراهم می‌شود. براین اساس، مجدداً سیستم LPIMP که عبور نرخ ارز را نشان می‌دهد. برای وضعیت تعریف شده با تعیین رفتار نرخ ارز واقعی که خود تحت تأثیر متغیرهای متعددی قرار داشته، برآورد می‌شود. بنابراین، با کاربرد نتایج سیستم دوم در سیستم اول نتایج جدید در جدول (۴ پیوست) و شکل (۴) مشخص شده است. همان‌طور که از نتایج این جدول مشخص است، خطا در حداقل ممکن (نزدیک صفر) قرار دارد، به طوری که سیستم LPIMP با سیستم LREXRM کاملاً هماهنگ شده و دارای ارتباط لازم در بهترین شرایط است.

جدول (۱) و (۲) نیز خروجیها و خطاهای دو شبکه LPIMP و LREXRM را برای داده‌های آزمون نشان می‌دهد و هر دو جدول تأیید می‌کنند که دو سیستم تا چه اندازه در پیش‌بینی خود کارآمد عمل کرده است.



نمودار - ۳. خروجی واقعی و خروجی برآوردی سیستم LPIMP به ازای LREXRM برآوردی و داده‌های آموزشی



جدول ۱- خروجیها و خطاهای مربوط به داده‌های آزمون سیستم LPIMP

خطاها (Err_t1)	خروجیهای برآوردی (Yt 1)	خروجیهای واقعی (YT1)
-0/0481	3/0452	2/9971
0/0022	3/0400	3/0422
0/0058	3/0412	3/0470

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۲- خروجیها و خطاهای مربوط به داده‌های آزمون سیستم LREXRM

خطاها (Err_t2)	خروجیهای برآوردی (Yt 2)	خروجیهای واقعی (YT2)
-0/1198	3/4177	3/2979
-0/1108	3/4369	3/3260
0/0078	3/3196	3/3274

منبع: محاسبات تحقیق

### ۳-۵. مدل ANFIS همزمان برای سیستمهای اقتصادی

مدل همزمان برای سیستمهای اقتصادی کمک می‌کند تا بتوان تأثیر متغیرهای عمده اثرگذار بر عبور نرخ ارز را مشخص کرد. در این مقاله تأثیر سیاست پولی، سیاست ارزی و درجه باز بودن اقتصاد بر عبور نرخ ارز در ایران بررسی می‌شود، به طوری که این سه متغیر می‌توانند سیاستهای کلان اقتصادی در کشور را ترسیم کنند. برای مشاهده تأثیر سیاست پولی از متغیر LCVET لگاریتم ضریب تغییرات اعتبارات داخلی که براساس مبانی نظری به عنوان شاخص سیاست پولی است، استفاده شده است. برای مشاهده تأثیر این متغیر، LCVET در سیستم فازی عصبی ۲۰ درصد افزایش داده شده و مدل مجدداً برآورد می‌شود. این افزایش، LREXRM را به صورت مثبت تحت تأثیر قراردادده است که مقادیر آن برای داده‌های آزمون که کار آمدی شبکه را نیز مشخص می‌کند، در جدول (۳) ارائه شده که نشانگر اثر مثبت LREXRM روی LPIMP است. چون سیستمهای طراحی شده برای مدل LPIMP و LREXRM سیستمهای کارآمدی هستند، اطلاعات جدولهای (۳) و (۴) بیانگر این واقعیت نیز هستند که اولاً، عبور نرخ ارز وجود دارد، زیرا تأثیرات از طریق تغییر در LREXRM بر روی LPIMP تسری یافته است، ثانیاً، تأثیرات هم جهت و مثبت است، یعنی سیاستهای پولی دارای تأثیرمستقیم و مثبت بر روی عبور نرخ ارز در ایران بوده است. این تأثیرات برای دو سیستم و در سه سال آزمون، کاملاً قابل مشاهده است و با توجه به دقت عملکرد این سیستم موضوع به لحاظ سیاست‌گذارهای پولی از اهمیت بالایی برخوردار است. برای تعیین تأثیر درجه باز بودن اقتصاد بر عبور نرخ ارز مجدداً سیستمها به طور همزمان برآورده شده اند که نتایج آن در جدولهای (۳) و (۴) گزارش شده است.

### جدول ۳- اثر تغییرات متغیرهای ورودی بر خروجی برآوردی سیستم LREXRM

متغیر	میزان تغییر	نام خروجی این حالت در برنامه	بیش بینی		
			سال ۱۳۷۹	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۸۱
LCVET	+%20	(Y2_i1)	3/4247	3/4387	3/3198
LIXMG	+%20	(Y2_i2)	3/4239	3/4428	3/3257
LDEMEN	+%20	(Y2_i3)	3/4825	3/4955	3/3844

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۴- اثر تغییرات متغیرهای ورودی بر خروجی برآوردی سیستم LPIMP

بیش بینی			نام خروجی این حالت در برنامه	میزان تغییر	متغیر
سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۸۰	سال ۱۳۷۹			
3/0371	3/0972	3/1098	(Y1_i1)	+%20	LCVET
3/0403	3/0992	3/1094	(Y1_i2)	+%20	LIXMG
3/0711	3/1243	3/1373	(Y1_i3)	+%20	LDEMEN

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج این جدولها نشان می‌دهد که درجه باز بودن اقتصاد تأثیر مستقیمی بر سیستم دوم (LREXRM) دارد و به واسطه رابطه سیستمها این تأثیر بر عبور نرخ ارز نیز نمایان شده است، به طوری که درجه باز بودن اقتصاد بر مسیر عبور نرخ ارز در ایران تأثیر مثبت داشته است و در عمل، می‌توان گفت باز شدن درهای اقتصاد و حرکت آن به سمت مسیر جهانی شدن می‌تواند عبور نرخ ارز را تشدید کند.

در نهایت، برای بررسی آثار سیاستهای ارزی بر عبور نرخ ارز و درجه آن، از متغیر LDEMEN یعنی لگاریتم شکاف نرخ ارز آزاد و اسمی استفاده شد. این متغیر نیز با ۲۰ درصد افزایش آزمون شده تا بتوان مسیرتغییر آن را تعیین نمود نتایج در جدولهای (۳) و (۴) نشان می‌دهند آن نوع سیاستهای ارزی که می‌تواند خود را در قالب نظام ارزی نیز متبلور کند، بر عبور نرخ ارز تأثیر مثبت دارد، نکته حائز اهمیت اینکه تأثیر متغیر LDEMEN نسبت به دو متغیر دیگر بر عبور نرخ ارز در ایران بیشتر است، که این مسئله می‌تواند در تعیین نظام ارزی مناسب و سیاست برخورد بانوسانات نرخ ارز اهمیت زیادی داشته باشد.

#### ۶. نتیجه‌گیری

سیر تحولات ارزی و نظامهای مختلف ارز در طول حدود پنج دهه گذشته اقتصاد ایران، که به یکسان سازی نرخ ارز در سالهای اخیر منجر شده و همچنین، شرایط رقابت‌پذیری بین‌المللی سبب می‌شود که عوامل مؤثر بر نرخ ارز و عبور نرخ ارز و همچنین، درجه کامل بودن آن در اقتصاد ایران از اهمیت خاصی برخوردار باشد. همچنین، تحلیل تأثیر عوامل و متغیرهای کلان اقتصادی بر عبور نرخ ارز می‌تواند به چگونگی اجرای سیاستهای اقتصادی کشور و پیش‌بینیهای آنها کمک کند. در این مقاله، با تصریح مدل عبور نرخ ارز و عوامل مؤثر بر آن، به کمک سیستمهای فازی عصبی نشان داده شده که عبور نرخ ارز در ایران وجود دارد و می‌توان آن را برآورد نموده و برای سیاست‌گذاریهای اقتصادی از آن استفاده کرد. با این حال، هدف مطالعه منوط به بررسی صرف تغییرات سطح قیمتها و تورم به واسطه تغییرات نرخ ارز

نیست، بلکه هدف به تعیین اندازه تغییر، عوامل مؤثر بر عبور نرخ ارز و پیامد ناشی از آن بستگی دارد. بر این اساس نتایج نشان می‌دهند که وضعیت عبور نرخ ارز با درجه بازبودن اقتصاد رابطه مستقیم دارد. عبور نرخ ارز در ایران نسبت به شاخص بازبودن اقتصاد واکنش مثبت نشان می‌دهد، به طوری که می‌توان استنباط نمود که هر چقدر اقتصاد به سمت ادغام در اقتصاد جهانی حرکت کند عبور نرخ ارز نیز بیشتر می‌شود. این نتیجه می‌تواند تأثیر مهمی بر ترسیم سیاستهای آینده هم داشته باشد.

در این مقاله، از ضریب تغییرات اعتبارات داخلی به عنوان شاخص سیاستهای پولی استفاده شده است و خروجیهای سیستم همزمان در فازی عصبی مشخص می‌کند که اگر شاخص سیاست پولی افزایش یابد، تأثیر مثبت بر عبور نرخ ارز خواهد داشت. بنابراین، سیاستهای پولی به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر عبور نرخ ارز شناخته می‌شود، همچنین از شکاف نرخ ارز آزاد و اسمی به عنوان شاخص سیاستهای ارزی استفاده شد. خروجیهای سیستم فازی عصبی نشان داد که عبور نرخ ارز نسبت به این متغیر واکنش نشان می‌دهد و واکنش نیز به صورت مستقیم و مثبت است، به طوری که اگر شکاف نرخ ارز افزایش یابد موجب تشدید عبور نرخ ارز می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت چنانچه اتخاذ سیاستهای ارزی موجب افزایش شکاف نرخ ارز شود، عبور نرخ ارز را تشدید خواهد کرد.



## منابع

- ابریشمی، حمید و رحیمی، آزاده. (۱۳۸۳). بررسی عوامل کوتاه‌مدت و بلندمدت تعیین کننده نرخ ارز در چارچوب سه کالایی: مورد مطالعه ایران. *پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۳۰، تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- احمدی، اکبر. (۱۳۸۱). آشنایی با سیستم‌های فازی عصبی: آشنایی و کاربرد آنها. *اولین همایش معرفی و کاربرد مدل‌های ناخطی بویا و محاسباتی در اقتصاد*. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.
- پدرام، مهدی. (۱۳۷۹). رفتار نرخ ارز واقعی در ایران طی دوره ۱۳۵۸-۱۳۷۵. *مجله برنامه و بودجه*، شماره ۳۷. تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.
- جبل عاملی، فرخنده و برادران شرکاء، حمیدرضا. (۱۳۸۲). انتخاب نظام ارزی و تغییرات نرخ مؤثر واقعی ارز در جمهوری اسلامی ایران طی سالهای ۱۳۵۲-۱۳۷۵. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۱۵. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.
- حسینی، روزبه. (۱۳۷۸). تخمین نرخ ارز واقعی تعادلی: بررسی تعادل و نامیزانی در نرخ ارز. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، مؤسسه عالی پژوهش در برنامه‌ریزی و توسعه.
- خالصی، امیر. (۱۳۷۶). اثرات مخارج دولت بر نرخ اسمی و واقعی ارز مورد ایران. (۱۳۷۲-۱۳۵۸)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شیراز.
- زنگنه، محمد. (۱۳۸۱). بررسی آثار نرخ ارز بر رابطه مبادله در ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران.
- شجری، هوشنگ، طیبی، سید کمیل و جلائی، سید عبدالمجید. (۱۳۸۴). تحلیل عبور نرخ ارز در ایران، *مجله دانش و توسعه*، شماره ۱۶. مشهد: دانشگاه فردوسی.
- طاهری فرد، احسان. (۱۳۷۸). تأثیر تغییرات درآمدهای نفتی بر نرخ واقعی ارز مورد ایران (۱۳۷۵-۱۳۶۰). *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شیراز.
- طیبی، سید کمیل و نصرالهی، خدیجه. (۱۳۸۱). نقش متغیرهای اساسی در تبیین رفتار نرخ واقعی تعادلی بلندمدت ارز در ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۱۳. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.
- قاسملو، خلیل. (۱۳۷۷). بررسی تأثیر انحراف نرخ ارز واقعی از سطح تعادلی بر متغیرهای کلان اقتصادی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شهید بهشتی.
- قدیمی، محمدرضا و مشیری، سعید. (۱۳۸۱). پیش‌بینی رشد اقتصادی در ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۱۲. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.
- کارتالوپولس، اس. وی. (۱۳۸۱). *منطق فازی و شبکه‌های عصبی*. مترجمان: محمود جورابیان و رحمت‌الله هوشمند، اهواز: انتشارات دانشگاه شهید چمران.

نصراصفهانی، رضا و یاوری، کاظم. (۱۳۸۲). عوامل اسمی و واقعی مؤثر بر تورم در ایران-رهیافت خودرگرسیون برداری؛ فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، شماره ۱۶. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.

نادری، مرتضی و لاشجردی (۱۳۷۳). تجزیه و تحلیل نامیزانی نرخ ارز واقعی در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

یاوری، کاظم و قادری، حسین. (۱۳۸۳). بررسی عوامل مؤثر بر حاشیه ارزی بازار موازی ارز، نرخ ارز حقیقی و سطح عمومی قیمت در اقتصاد ایران. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران. شماره ۱۸. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.

Aron, J. and Elbadawi, I. (1997). Determinants of The Real Exchange Rate in South Africa, Center for the Study of African Economies. *Working Paper*, PP.16-97, Csa Publishing, Oxford.

Adolfson, M. (2001). Monetary Policy with Incomplete Exchange Rate Pass-Through, SSE/EFI. *Working Paper Series in Economics and Finance*, No. 476.

Compa, A. and Goldberg. (2002). Exchange Rate Pass- Through into Import Prices: Macro or Micro Phenomenon? *IESE, Research Paper*, No. 475.

Choudhri, U. and et al. (2003). Explaining the Exchange Rate Pass-Through in Different Prices. *IMF, Working Paper*, No. 178.

Devereux, M. and Charles, E. (2002). Exchange Rate Pass- Through, Exchange Rate Volatility, and Exchange Rate Disconnect. *NBER, Working Paper*, No. 8858.

Dornbusch, R. (1988). Exchange Rate Economics. *Economic Journal*, Vol. 97, PP.1-18.

Edwards, S. and Van, W. (1989). Tariffs the Real Exchange Rate and the Terms of Trade. *Oxford Economic Paper*, No. 39.

Edwards, S. (1991). *Real Exchange Rate Devaluation and Adjustment: Exchange Rate Policy in Developing Countries*. the IMF Press, Cambridge, England.

Faruqee, H. (2004), Exchange Rate Pass-Through in the Euro Area: The Role of Asymmetric Pricing Behavior, *IMF Working Paper*, No. 43.

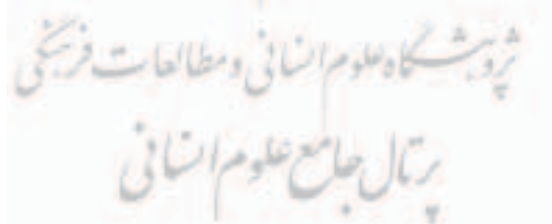
Gueorguier, N. (2003). Exchange Rate Pass-Through in Romania. *IMF, Working Paper*, No, 130.

Halper, L. and Wyplosz, C. (1996). Equilibrium Exchange Rate in Transition Economies. *IMF, Working Paper*, No. 125.

Hunt, B. and Peter, I. (2003). Some Implications for Monetary Policy of Uncertain Exchange Rate Pass- Through. *IMF, Working Paper*, No. 25.

Kent, B. and Dwyer, F. (1993). *Pass-Through Exchange Rate*. *IMF, Working Paper*, No.12.

- Khan, M. and Lizodo, S. (1986). Devaluation, Fiscal Deficits and the Real Exchange Rate. *World Bank Economic Review*, No. 12.
- Kharsh. H. and Pinto, D. (1989). Exchange Rate Rules, Black Market Premia and Fiscal Deficit: The Bolivian Hyperinflation. *Review of Economic Studies*, No. 56.
- Jang, J. R. and Sun, C. (1995). Neuro-Fuzzy Modeling and Control. *Proceeding of the IEEE*.
- Leigh, D. and Marco, R. (2002). Exchange Rate Pass- Through in Turkey. *IMF, Working Paper*, No. 204.
- Melvin, M. (1985). The Choice of an Exchange Rate Systems and Macroeconomics Stability. *Journal of Money, Credit and Banking*, No. 17.
- Moosa, I. A. (1994). The Monetary Model of Exchange Rates Revisited. *Applied Financial Economics*, No.26, PP. 279-287
- Savvides, A. (1992). Real Exchange Rate Variability and the Choice of Exchange Rate Regime by Developing Countries. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, No. 54.
- Shing, J. and Jang, R. (1993). Adaptive Network, Based Fuzzy Inference. *Citeseer Publication*, No. 147.
- Smets, F. and Wouters, A. (2002). Openness, Imperfect Exchange Rate Pass-Through and Monetary Policy. European Central Bank, *Working Paper*, No 128.
- Tayyebi, K. and Jalaie, M. (2003). *Impacts of Pass-Through Exchange Rate on Trade Flows and Economic Growth in EU*. 7 Rencontres Euro-Mediterraneennes, Rabat.
- Taylor, L. (2000). *Inflation and Pass-Through Exchange Rate*. London, the MIT Press.



## پیوست

جدول ۱- خروجیها و خطاهای مربوط به داده‌های آموزشی سیستم LPIMP

خطاها (Err1)	خروجیهای برآوردی (Yhat1)	خروجیهای واقعی (Y1)
-0/0059	0/8052	0/7993
-0/0123	0/8184	0/8062
-0/0019	0/8215	0/8195
0/0065	0/8260	0/8325
0/0109	0/8280	0/8388
0/0101	0/8350	0/8451
0/0042	0/8409	0/8451
-0/0010	0/8523	0/8513
0/0019	0/8555	0/8573
-0/0091	0/8604	0/8513
-0/0016	0/8824	0/8808
-0/0101	0/8966	0/8865
-0/0092	0/9123	0/9031
0/0014	0/9381	0/9395
0/0201	0/9755	0/9956
0/0110	1/0382	1/0492
-0/0053	1/0697	1/0645
-0/0050	1/0949	1/0899
-0/0086	1/1485	1/1399
-0/0037	1/1884	1/1847
0/0056	1/2399	1/2455
0/0105	1/3199	1/3304
-0/0118	1/3847	1/3729
0/0028	1/4155	1/4183
0/0070	1/4307	1/4378
-0/0031	1/4564	1/4533
-0/0046	1/4903	1/4857
-0/0084	1/6060	1/5977
0/0141	1/7077	1/7218
-0/0047	1/8223	1/8176
-0/0018	1/8734	1/8716
0/0076	1/9924	2/0000
-0/0092	2/0916	2/0824
0/0049	2/2201	2/2251
-0/0011	2/3309	2/3298
-0/0003	2/4975	2/4972
-0/0043	2/7366	2/7324
0/0090	2/8343	2/8434
-0/0070	2/8793	2/8724
0/0035	2/8983	2/9018
-0/0014	2/9858	2/9844

منبع: محاسبات تحقیق



جدول ۲- اثر تغییرات LREXRM در داده‌های آموزشی بر خروجی برآوردی سیستم LPIMP

خروجیهای برآوردی	
(Y1_20) به ازای ۲۰٪ افزایش	(Y1_10) به ازای ۱۰٪ افزایش
1/2240	0/8964
1/2010	0/8989
1/2530	0/9174
1/3008	0/9353
1/3268	0/9449
1/3165	0/9471
1/3629	0/9660
1/3944	0/9836
1/4379	0/9997
1/4098	0/9954
1/5028	1/0389
1/5515	1/0638
1/5605	1/0779
1/6612	1/1271
1/5160	1/1093
1/4670	1/1382
1/4113	1/1445
1/3973	1/1604
1/3366	1/1811
1/3505	1/2117
1/3710	1/2519
1/3819	1/3098
1/4125	1/3645
1/4504	1/3997
1/4592	1/4159
1/4748	1/4398
2/0116	1/6758
2/0638	1/7942
2/0800	1/8763
2/1064	1/9572
2/1449	2/0438
2/0931	2/1485
2/1195	2/1858
2/1794	2/2374
2/2788	2/3183
2/5280	2/5220
2/8711	2/8141
3/0106	2/9335
3/0865	2/9945
3/1339	3/0275
3/2460	3/1278

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۳- خروجیهای مربوط به داده‌های آموزشی سیستم LREXRM

خروجیهای واقعی (Y2)	خروجیهای برآوردی (Yhat2)
2/0382	2/0382
2/0125	2/0125
2/0195	2/0195
2/0279	2/0279
2/0298	2/0298
2/0178	2/0178
2/0169	2/0169
2/0197	2/0197
2/0210	2/0210
2/0052	2/0051
2/0207	2/0208
2/0260	2/0260
2/0197	2/0197
2/0294	2/0294
1/9961	1/9961
1/9779	1/9779
1/9521	1/9522
1/9273	1/9273
1/8830	1/8830
1/8888	1/8888
1/8993	1/8993
1/8933	1/8933
1/8915	1/8915
1/8888	1/8887
1/8622	1/8622
1/8526	1/8526
2/2179	2/2180
2/2585	2/2585
2/2847	2/2847
2/2993	2/2993
2/3846	2/3845
2/5958	2/5958
2/7097	2/7097
2/8851	2/8851
3/1513	3/1513
3/3435	3/3435
3/4044	3/4044
3/4248	3/4248
3/3845	3/3845
3/3349	3/3349
3/3368	3/3368

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۴- خروجیها و خطاهای سیستم LPIMP به ازای LREXRM برآوردی و داده‌های آموزشی

خطاها (Err_h1)	خروجیهای برآوردی (Yh1)	خروجیهای واقعی (Y1)
-0/0059	0/8052	0/7993
-0/0123	0/8184	0/8062
-0/0020	0/8215	0/8195
0/0065	0/8260	0/8325
0/0109	0/8280	0/8388
0/0101	0/8350	0/8451
0/0042	0/8409	0/8451
-0/0010	0/8523	0/8513
0/0019	0/8555	0/8573
-0/0091	0/8604	0/8513
-0/0016	0/8824	0/8808
-0/0101	0/8966	0/8865
-0/0092	0/9123	0/9031
0/0014	0/9381	0/9395
0/0201	0/9755	0/9956
0/0110	1/0382	1/0492
-0/0053	1/0697	1/0645
-0/0050	1/0949	1/0899
-0/0086	1/1485	1/1399
-0/0037	1/1884	1/1847
0/0056	1/2399	1/2455
0/0105	1/3199	1/3304
-0/0118	1/3847	1/3729
0/0028	1/4155	1/4183
0/0070	1/4307	1/4378
-0/0031	1/4564	1/4533
-0/0046	1/4903	1/4857
-0/0084	1/6061	1/5977
0/0141	1/7077	1/7218
-0/0047	1/8223	1/8176
-0/0018	1/8734	1/8716
0/0076	1/9924	2/0000
-0/0092	2/0916	2/0824
0/0049	2/2201	2/2251
-0/0011	2/3309	2/3298
-0/0003	2/4975	2/4972
-0/0043	2/7366	2/7324
0/0090	2/8343	2/8434
-0/0070	2/8793	2/8724
0/0035	2/8983	2/9018
-0/0014	2/9858	2/9844

منبع: محاسبات تحقیق