



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۶ / شماره ۴ (پیاپی ۶۴) / زمستان ۱۴۰۶  
صفحه ۲۹۷ تا ۳۲۰

## پیش‌بینی بحران‌های ارزی با ترکیب شاخص فشار بازار ارز و شبکه عصبی مصنوعی: (بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۷۰ و پیش‌بینی خارج از نمونه از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲)

عباس کشوری

گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
[abas.keshvari@iau.ir](mailto:abas.keshvari@iau.ir)

غلامرضا زمردیان

گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)  
[gho.zomorodian@iauctb.ac.ir](mailto:gho.zomorodian@iauctb.ac.ir)

میر فیض فلاح شمس لیلاستانی

گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
[mir.Fallahshams@iauctb.ac.ir](mailto:mir.Fallahshams@iauctb.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷

### چکیده

نوسانات شدید نرخ ارز موجب تحمیل زیان‌های قابل توجه به بنگاه‌های اقتصادی شده است، از این رو پیش‌بینی بحران‌های ارزی به منظور اتخاذ تصمیمات به‌موقع و کاهش تبعات ناشی از شوک‌های ارزی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های فصلی بازه زمانی فصل اول ۱۳۷۰ تا فصل دوم ۱۴۰۰، بحران‌های ارزی در اقتصاد ایران شناسایی و وقوع بحران‌های خارج از نمونه (از فصل سوم ۱۴۰۰ تا پایان ۱۴۰۲) پیش‌بینی شده است.

در تحقیق پیش‌رو ابتدا از طریق شاخص فشار بحران‌های ارزی ۱۳۷۴، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ شناسایی و سپس با محاسبه خطاهای نوع اول و دوم (آلفا و بتا) متغیرهای هدایتگر، متغیرهای هدایتگر نهایی انتخاب شده است. در نهایت با ورود متغیرهای هدایتگر نهایی به شبکه عصبی، شاخص فشار بر بازار ارز ترسیم و بحران ارزی سال ۱۴۰۲ پیش‌بینی شده است.

بر اساس نتایج مدل، شاخص فشار بازار ارز در سال ۱۴۰۰ از حدود آستانه‌ای بالاتر نخواهد رفت؛ اما در ماه‌های پایانی سال ۱۴۰۱ و ماه‌های ابتدایی سال ۱۴۰۲ از حدود آستانه‌ای بالاتر خواهد رفت که نشان‌دهنده وقوع بحران ارزی در این دوره است. مطالعه تطبیقی نتایج مدل با داده‌های واقعی حاکی از افزایش بالغ بر ۱۰۰ درصدی نرخ ارز در بازار در اواخر سال ۱۴۰۱ تا ابتدای سال ۱۴۰۲ می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** بحران ارزی، شاخص فشار بازار ارز، شبکه عصبی مصنوعی، سیستم هشدار زود هنگام، نرخ ارز، پیش‌بینی خارج از نمونه یا ریاست‌نس.

## ۱- مقدمه

اولین عصر طلایی ادبیات هشدار زود هنگام مربوطه به اواخر دهه ۱۹۹۰ است و در این سال‌ها، بحث‌های متدولوژیکی گسترده‌ای در خصوص مشکلات تراز پرداخت‌ها و سقوط ارزی انجام شد (کامینسکی و راینهارت، ۱۹۹۹؛ فرانکل و رز، ۱۹۹۶). بعد از همه این سال‌ها، بحران اقتصادی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۹ ادبیات هشدار زود هنگام را بار دیگر به کانون توجه محافل اقتصادی بازگرداند (دیزچی، ۱۳۹۴).

پیش‌بینی بحران باید سیاست‌گذاران را در جهت کاهش احتمال وقوع بحران یاری نمایند. پیش‌بینی تلاطم یکی از مهمترین موضوعات مورد مطالعه در بازارهای مالی دنیا است. تلاطم به عنوان یک عامل مؤثر در تعیین ریسک سرمایه‌گذاری، می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران ایفا کند (اربابی، ۱۳۹۷). طراحی یک سیستم می‌تواند نقش بسزایی در پیش‌بینی وقوع بحران‌ها، طراحی اقدامات پیشگیرانه و نیز محدود نمودن تبعات احتمالی حاصل از وقوع آنها داشته باشد. (پور عبادالهیان، ۱۳۹۷).

هزینه‌های بالای وقوع بحران‌ها برای اقتصاد، سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و حتی عموم مردم را مجاب نموده تا به دنبال پیش‌بینی وقوع بحران‌ها باشند. این امر سبب می‌شود تا بتوان نظارت و آگاهی از شرایط مالی و اقتصادی را بهبود و پیش از وقوع یک بحران ارزی، از روی علائمی که در اقتصاد ظاهر می‌شود، چنین حادثه قریب‌الوقوعی را پیش‌بینی و برای آن چاره‌اندیشی نمود (کلامی و همکاران، ۱۳۹۸).

بحران‌های اقتصادی سال‌های اخیر مفهومی را توسعه داد که باید قادر به شناسایی وقایع پرهزینه گوناگون نظیر عدم تعادل‌ها با بحران‌های مختلف باشد تا فرصت کافی برای کاهش هزینه‌های وقوع چنین بحران‌هایی را در اختیار سیاست‌گذاران قرار دهد (کلامی و همکاران، ۱۳۹۸). هدف از طراحی مدل‌های پیش‌هشداردهنده، طراحی سازوکار مناسب برای پیش‌بینی احتمال وقوع بحران‌ها در آینده می‌باشد (دیویس و کریم، ۲۰۰۸).

نصرالهی و همکاران (۱۳۹۶)، به طراحی سیستم هشدار زود هنگام بحران ارزی در ایران پرداختند. در این مطالعه، با به کارگیری داده‌های فصلی طی دوره ۹۳-۱۳۶۷ و با استفاده از مدل با متغیر وابسته گسسته، ضمن بررسی عوامل مؤثر بر وقوع بحران ارزی، یک سیستم هشدار زود هنگام بحران نیز طراحی شد. بر اساس نتایج، متغیرهای نسبت وام به سپرده، نسبت بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی به پایه پولی، نرخ تورم و رشد تولید صنعتی، بیش‌ترین و قوی‌ترین نقش را در افزایش احتمال بحران‌های ارزی داشته‌اند. همچنین، متغیرهای نسبت سپرده‌های بانکی به نقدینگی، درآمد ارزی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی، مهم‌ترین نقش را در کاهش احتمال بحران دارند.

سلمانی و همکاران (۱۳۹۸)، به طراحی الگوی هشداردهنده زود هنگام بحران‌های ارزی برای ایران طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۰ پرداختند. در این مطالعه به منظور بررسی عوامل مؤثر بر وقوع احتمال بحران ارزی از رویکرد لاجیت و به منظور بررسی میزان اثر متغیرهای هشداردهنده زود هنگام بر وقوع بحران ارزی از رویکرد مارکوف سوئیچینگ خودرگرسیون برداری استفاده گردید. نتایج نشان‌گر آن بود که متغیرهای کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی، کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی و نرخ تورم بر احتمال وقوع بحران ارزی اثر مثبت و نرخ رشد

تولید ناخالص داخلی و قیمت نفت بر احتمال وقوع بحران ارزی تأثیر منفی داشته‌اند. نتایج حاصل از رویکرد مارکوف سوئیچینگ نیز حاکی از آن بود که افزایش متغیرهای کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی، کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی و نرخ تورم موجب افزایش وقوع بحران ارزی گردیده است. لیکن افزایش قیمت نفت و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی موجب کاهش وقوع بحران ارزی می‌شود.

کلامی و همکاران (۱۳۹۸) عوامل مؤثر بر احتمال وقوع بحران ارزی ایران را طی سال‌های ۹۵-۱۳۶۰ با استفاده از الگوی لاجیت بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش در متغیرهای نسبت کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی، نسبت کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی، نسبت اعتبار داخلی به بخش خصوصی به تولید ناخالص داخلی و نرخ تورم، احتمال رخداد بحران ارزی افزایش می‌یابد. افزایش در نرخ رشد تولید ناخالص داخلی نیز موجب کاهش در احتمال وقوع بحران ارزی می‌گردد.

علوی رضوی و همکاران (۱۳۹۹) عوامل مؤثر بر بحران ارزی را در سال ۱۳۹۷ بررسی نمودند. در این مطالعه از طریق مصاحبه با ۴۰ نفر از خبرگان علل مؤثر بر این واقعه شناسایی و با استفاده از روش گروه تمرکز، اهمیت و وزن هریک از عوامل تعیین گردید. نتایج نشان داد که قطع مداخله ارزی بانک مرکزی در بازار آزاد مهمترین عامل بحران ارزی در ایران است که با سوء مدیریت و سیاست نادرست تعیین نرخ ۴۲۰۰ تومان برای ارز در ابتدای سال ۹۷ منجر به تشویق و جهش تقاضای ارز و عدم بازگشت و احتکار ارز توسط صادرکنندگان بزرگ و عمدتاً وابسته به دولت در طرف عرضه شد.

نصیری و همکاران (۱۳۹۹)، عوامل هشداردهنده زود هنگام بحران ارزی را با استفاده از روش متوسط‌گیری بیزین الگوسازی نمودند. بدین منظور ۷۰ متغیر هشداردهنده بحران در طول دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۷۰ برای شرکای تجاری ایران در نظام‌های ارزی شناور و غیرشناور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن نظام حاکمیت ارزی، متغیرهای متفاوتی به‌عنوان هشداردهنده بحران‌های ارزی معرفی می‌شوند؛ به طوری که تغییرات فشار بازار ارز، تغییرات نرخ ارز مؤثر واقعی، نسبت ذخایر بین‌المللی به بدهی خارجی، رشد تولید ناخالص داخلی واقعی و درصد نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به تولید ناخالص داخلی در نظام ارزی شناور و تغییرات فشار بازار ارز، نرخ تورم، تغییرات نرخ ارز مؤثر واقعی، درصد نسبت ذخایر بین‌المللی به تولید ناخالص داخلی و درصد نسبت صادرات کالا و خدمات به تولید ناخالص داخلی در نظام غیرشناور، شاخص‌های هشداردهنده مهم هستند.

طیبری و نصیری (۱۴۰۰) به ارزیابی ارتباط بین بحران ارزی و شاخص کنترل سرمایه در ایران پرداختند. برای این منظور داده‌های سالانه انواع شاخص‌های کنترل سرمایه در کنار طیف وسیعی از متغیرهای اقتصاد کلان و متغیرهای مالی که وضعیت اقتصاد را در بخش‌های حقیقی، پولی، سیاسی، مالیه عمومی، خارجی، نهادی و ساختاری نشان می‌دهند، برای ۶۰ کشور تجربه‌کننده بحران ارزی در طول دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۷۵ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که کنترل سرمایه اثر معنی‌داری در کاهش وقوع بحران ارزی در کشورهای تحت بررسی داشته است. الاساف (۲۰۱۷) به طراحی سیستم هشدار دهنده زود هنگام بحران ارزی برای کشورهای اردن و مصر پرداخت. برای رسیدن به این هدف از مدل لاجیت چند جمله‌ای و داده‌های ماهانه دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۰ استفاده شده است. نتایج نشان داد که نرخ ارز واقعی، نسبت عرضه پول به ذخایر، نرخ رشد اعتبارات داخلی، نسبت دارایی‌های

خارجی بانک مرکزی به بدهی و رشد صادرات متغیرهایی هستند که نقش مهمی در پیش‌بینی بحران ارزی اقتصاد اردن و مصر دارند. ضمن آن که بر مبنای نتایج این مطالعه اگر چه متغیر نسبت ذخایر عرضه پول یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پیش‌بینی بحران ارزی برای اقتصاد اردن است، اما این متغیر بر روی بحران ارزی در مصر اثر معنی‌داری نداشته است.

آری و سرگیوزان (۲۰۱۸) به ارزیابی بحران‌های ارزی در کشور ترکیه طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۰ پرداختند. جهت دستیابی به اهداف از روش‌های مختلف آماری استفاده و تعاریف متفاوت از بحران در تخمین عوامل تعیین‌کننده و پیش‌بینی دوره‌های بحران گنجانده شد. نتایج نشان داد که نرخ تورم، سید سرمایه‌گذاری و نسبت سپرده‌های خارجی بانکی به کل سپرده‌ها، از عوامل اصلی ایجادکننده بحران‌های ارزی در کشور ترکیه می‌باشند. ضمن آن که یافته‌های تجربی این مطالعه مشخص نشان داد که رویکرد مارکوف در پیش‌بینی بحران ارزی در ترکیه در مقایسه با مدل لاجیت عملکرد بهتری داشته است.

فرزین و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از مدل‌های EWS به پیش‌بینی بحران ارزی در اقتصاد ایران پرداختند. در این مطالعه سعی شده است بر اساس مطالعات انجام شده در سایر کشورها و با استفاده از روش‌های مرسوم استخراج علائم و تخمین احتمال وقوع بحران، مدل EWS مناسب برای بحران‌های ارزی اقتصاد ایران ارائه شود. بدین منظور با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و تابع محدودیت، مدل EWS با در نظر گرفتن داده‌های فصلی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ برای پیش‌بینی بحران ارزی سال ۲۰۱۹ طراحی شده است. نتایج نشان داد که هیچ بحران ارزی اقتصاد ایران را در سال ۲۰۱۹ تهدید نمی‌کند. ضمن آن که بر اساس نتایج شاخص صادرات یکی از متغیرهای پیشرو در سیستم است که بیشترین تأثیر را بر بحران‌های ارزی دارد. علاوه بر این، با توجه به داده‌های پیشین و جایگزینی آن‌ها در مدل، سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ به‌عنوان سال‌های وقوع بحران ارزی معرفی شده‌اند.

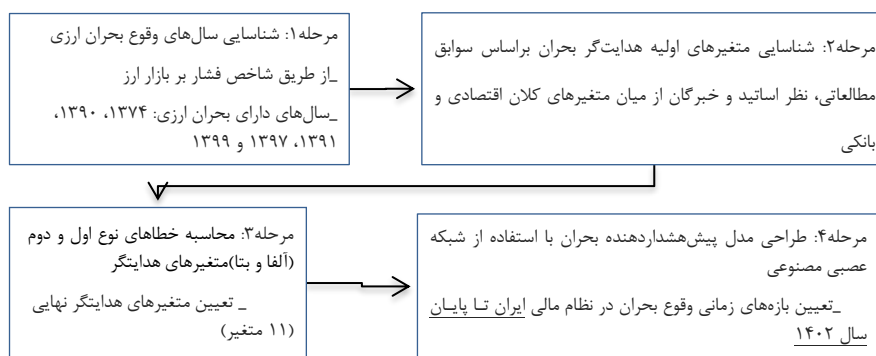
این مقاله چندین مدل هشدار زودهنگام (EWS) برای بحران‌های مالی را ارزیابی می‌کند تا مدلی پیشنهاد کند که بتواند وقوع بحران ارزی در کشورهای در حال توسعه را پیش‌بینی کند. عبدال مولا و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله ای با عنوان یک سیستم هشدار بهینه برای بحران‌های ارزی تحت شرایط عدم قطعیت مدل، از روش‌های وزن‌دهی برابر (EW) و میانگین‌گیری پویای مدل (DMA) استفاده می‌کنند تا پیش‌بینی‌های مدل‌های مختلف را با در نظر گرفتن وزن‌های متغیر زمانی ترکیب کنند. با مطالعه موردی مصر و تمرکز صرفاً بر بحران‌های ارزی، یافته‌های پژوهشگر نشان می‌دهد که پیش‌بینی ترکیبی (مدل‌های EWS مبتنی بر EW و DMA) با در نظر گرفتن عدم قطعیت، عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌های رقیب در هر دو نوع پیش‌بینی درون‌نمونه و برون‌نمونه دارد.

صمصامی و همکاران (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با عنوان منشاء بحران‌های ارزی براساس نسل‌های بحران ارزی و ارائه توصیه سیاستی با رهیافت اقتصاد مقاومتی بروز بحران‌های ارزی متعدد در ایران، مطرح نمودند که شناخت زمینه‌های بحران و عوامل بروز آن و همچنین ارائه راهکارهای مبارزه با بحران ضروری است. در این مقاله به بررسی ریشه‌های شکل‌گیری بحران‌های ارزی در ایران و راه‌های مواجهه با آن براساس رهیافت اقتصاد مقاومتی پرداخته شد. تحلیل مقاله مبتنی بر سه نسل بحران ارزی متعارف است. برای استخراج متغیر بحران ارزی از روش

هموارسازی نرخ ارز به وسیله فیلتر هودریک-پرسکات و محک تجربی داده‌های نرخ ارز در ایران به روش الگوی باینری پروبیت استفاده نمود. براساس یافته‌های تحقیق، منشأ بروز بحران‌های ارزی در ایران با نسل‌های اول، دوم و سوم بحران‌های ارزی متعارف سازگاری دارد؛ علاوه بر این، عامل تحریم نیز در بروز این بحران دخیل است. نمکی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهش خود با عنوان طراحی و توسعه یک سیستم هشدار زودهنگام (EWS) مبتنی بر یادگیری ماشین جهت پیش‌بینی رویدادهای بحرانی جهانی بازارهای سهام به این نتیجه رسیدند که با توجه به نوسانات و پویایی‌های پیچیده بازارهای مالی، روش‌های سنتی اغلب در ارائه هشدارهای به‌موقع ناکارآمد عمل می‌کنند، در حالی که استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، می‌تواند منجر به شناسایی الگوهای ظریف و ناهنجاری‌هایی که قبل از یک رویداد بحرانی پیش می‌آیند، گردد.

ایران نیز همانند سایر کشورها بحران‌های گوناگون از جمله بحران‌های ارزی را تجربه نموده است. در ایران بحران ارزی در مقاطع متعددی واقع شده و تبعات گسترده سیاسی، امنیتی و اقتصادی را به دنبال داشته است. بررسی علل و شناسایی سهم هر یک از عوامل در این واقعه بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند چراغ راه ادامه مسیر حکمرانی اقتصادی باشد. با این رویکرد در این مطالعه سعی شده است تا با تمرکز بر متغیرهای بخش مالی اقتصاد سیستم پیش‌هشداردهنده مناسب برای ارزیابی احتمال وقوع بحران‌های ارزی در نظام اقتصادی ایران طراحی گردد. با توجه به این موضوع مسئله اصلی که تحقیق حاضر به دنبال آن است این می‌باشد که بحران‌های ارزی در نظام مالی ایران در چه بازه‌های زمانی اتفاق افتاده‌اند؟ چه عواملی نقش هدایتگر بحران‌های ارزی را داشته و به عبارت دیگر موجبات افزایش و یا کاهش احتمال وقوع بحران را طی سال‌های مورد بررسی (۱۴۰۰:۲-۱۳۷۰:۱) فراهم آورده‌اند؟ متغیرهای بخش واقعی و عمومی، موازنه خارجی و بخش مالی اقتصاد چگونه بر شاخص بحران ارزی اثر گذاشته‌اند؟

چارچوب مدل تحقیق بر اساس هدف تعیین شده در راستای پیش‌بینی بحران ارزی از طریق شبکه عصبی مصنوعی به شرح زیر ارائه شده است:



شکل ۱- چارچوب مدل تحقیق

## ۲- روش‌شناسی پژوهش

## ۲-۱- تعیین سال‌های وقوع بحران ارزی از طریق شاخص فشار بر بازار ارز

این شاخص میانگین وزنی درصد تغییرات نرخ ارز، نرخ سود سپرده‌های کوتاه‌مدت و ذخایر ارزی کشور می‌باشد. چنانچه این شاخص با انحراف معیاری معین از میانگین‌اش منحرف شود، آن سال به‌عنوان سال بحران تلقی می‌شود. شاخص فشار بر بازار ارز را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$IMP_t = \frac{1}{CV_{ER}} \left( \frac{ER_t - ER_{t-1}}{ER_{t-1}} \right) - \frac{1}{CV_{IR}} \left( \frac{IR_t - IR_{t-1}}{IR_{t-1}} \right) + \frac{1}{CV_r} (r_t - r_{t-1}) \quad (1)$$

$ER$ : نرخ ارز بازار

$IR$ : میزان ذخایر بین‌المللی کشور

$r$ : نرخ سود سپرده‌های کوتاه‌مدت بانکی (بالاترین نرخ سود علی‌الحساب سپرده‌های سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت عادی بانک‌های دولتی) بوده

$CV_{ER}$ : ضریب تغییرات نرخ ارز بازار در دوره زمانی مورد بررسی

$CV_{IR}$ : ضریب تغییرات ذخایر بین‌المللی کشور در دوره زمانی مورد بررسی

$CV_r$ : ضریب تغییرات نرخ سود سپرده‌های کوتاه‌مدت بانکی را در دوره زمانی مورد بررسی

فرانکل و رز (۱۹۹۶)، کامینسکی و راینهارت (۱۹۹۹) و کامینسکی (۲۰۰۶) فراتر رفتن شاخص فشار بر بازار ارز از یک مقدار آستانه‌ای را نشان‌گر بروز بحران ارزی می‌دانند. در خصوص متغیر نرخ رشد ارز و شاخص فشار بازار ارز، چنانچه مقدار آن‌ها در دوره  $t$  از حد آستانه‌ای معادل  $\mu_x + 1.5\sigma_x$  و یا  $\mu_x + 2\sigma_x$  (میانگین متغیر مورد بررسی به اضافه ۱/۵ و یا ۲ برابر انحراف معیار آن) فراتر رود، بیان‌گر وقوع بحران در دوره  $t$  و به آن دوره مقدار یک اختصاص می‌یابد. در غیر این صورت، به دوره موردنظر مقدار صفر اختصاص می‌یابد به عبارت دیگر:

$$C_t = \begin{cases} 1 & \text{if } X_t > \mu_x + 1.5\sigma_x \text{ or } \mu_x + 2\sigma_x \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

(نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۶).

## ۲-۲- محاسبه خطاهای نوع اول و دوم (آلفا و بتا) متغیرهای هدایتگر

در اینجا با تعیین فرضیه  $H_0$  و  $H_1$  خطاهای متغیرها مورد محاسبه قرار می‌گیرد. می‌توان خطاهای متغیرها را پیش از وقوع بحران مورد تفسیر قرار داده و به نتیجه‌گیری در خصوص آنها پرداخت:

-  $H_0$ : وقوع بحران

-  $H_1$ : عدم وقوع بحران

در زیر به تعریفی از خطاهای نوع اول و دوم در آمار پرداخته شده است:

### الف) خطای نوع اول

پس از انجام آزمون‌های آماری پژوهشگر در مورد رد یا عدم رد فرضیه تصمیم می‌گیرد. اگر نتایج آزمون به گونه‌ای باشد که نتوان آن را رد کرد، جایی برای اثبات یا تایید فرضیه پژوهشی باقی نمی‌ماند؛ اما اگر فرضیه صفر رد شود به طور غیرمستقیم فرضیه پژوهشی تایید می‌شود. اگر فرضیه صفر در واقع صحیح باشد ولی پژوهشگر تصمیم به رد آن بگیرد خطای نوع اول رخ داده است.

به بیان دیگر این نوع خطا هنگامی انجام می‌شود که فرض صفر درست است اما پژوهشگر به اشتباه، فرض صفر را رد کرده و فرض پژوهش را می‌پذیرد. خطای نوع اول را با علامت  $\alpha$  نشان می‌دهند که سطح معنی داری گفته می‌شود و کوچکترین آن معمولاً برابر با ۰.۰۵ است.

### ب) خطای نوع دوم

خطای نوع دوم هنگامی انجام می‌شود که فرض پژوهش درست است اما پژوهشگر به اشتباه فرض پژوهش را رد کرده و فرض صفر را می‌پذیرد. خطای نوع دوم را با علامت  $\beta$  نشان می‌دهند.

اگر فرضیه صفر در واقع فرضیه‌ای غیر صحیح باشد اما پژوهشگر آن را تایید کند دچار خطای نوع دوم شده است به عبارت دیگر به اشتباه پذیرفتن فرض صفر را خطای نوع دوم گویند.

در جدول زیر با فرض اینکه فرضیه صفر، نشان‌دهنده رخداد بحران ارزی باشد و فرض یک، نشان‌دهنده عدم رخداد آن باشد می‌توان خطاهای  $\alpha$  و  $\beta$  را مورد ارزیابی و محاسبه قرار داد.

جدول ۱- خطای  $\alpha$  و  $\beta$

		پیش‌بینی	
		۰ (وقوع بحران)	۱ (عدم وقوع بحران)
مشاهدات	پذیرش فرضیه صفر (وقوع بحران)	صحیح (تصمیم درست بر اساس شواهد)	نادرست (نوع خطای $\beta$ )
	رد فرضیه صفر (عدم وقوع بحران)	نادرست (نوع خطای $\alpha$ )	صحیح (تصمیم درست بر اساس شواهد)

به طور خلاصه "پذیرش فرض صفر به غلط" خطای نوع دوم یا  $\beta$  و "رد فرض صفر به غلط" خطای نوع اول یا  $\alpha$  می‌باشد. لازم به ذکر است خطای  $\alpha$  بدتر از خطای  $\beta$  است زیرا در صورت رد فرض صفر به غلط بنگاه

احتمال وقوع بحران را رد نموده و متحمل زیان و از دست دادن سرمایه خواهد شد. بر اساس الگوهای استخراج شده توسط کامینسکی، لیزوند و رینهارت (۱۹۹۸) می‌توان خطای بتا و آلفا را به شرح زیر محاسبه نمود:

$$\begin{aligned} \text{خطای بتا} &= \frac{\text{شاخص علامت داده و بحران رخ نداده}}{\text{شاخص علامت داده و بحران رخ نداده}} \quad (۴) \\ \text{خطای آلفا} &= \frac{\text{شاخص علامت نداده و بحران رخ داده}}{\text{شاخص علامت نداده و بحران رخ داده} + \text{شاخص علامت داده و بحران رخ نداده}} \quad (۳) \end{aligned}$$

### ۲-۳- مراحل الگوسازی در مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی

در این بخش مراحل الگوسازی با مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی مورد بحث قرار گرفته است. بدین ترتیب که ابتدا در خصوص مرحله آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به نرم‌افزار بحث شده است. در گام بعدی مرحله آموزش و آزمایش شبکه و فرایند اجر شرح داده شده است. در نهایت نیز در مرحله آخر نحوه انتخاب شبکه بهینه بر اساس معیارهای خطا مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

#### الف) نرمال‌سازی داده‌ها

در مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی معمولاً قبل از ورود داده به شبکه نرمال‌سازی داده‌ها صورت می‌پذیرد. شایان ذکر است که وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه عصبی می‌شود. جهت نرمال‌سازی داده‌ها به طور معمول از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$x_i = \frac{z_i - z_{i(\min)}}{z_{i(\max)} - z_{i(\min)}} \quad (۵)$$

در رابطه فوق،  $x_i$  مقدار نرمال شده ورودی،  $z_i$  داده  $i$  ام،  $z_{i(\max)}$  و  $z_{i(\min)}$  به ترتیب مقادیر حداکثر و حداقل داده‌ها را نشان می‌دهند (چن و همکاران، ۲۰۲۰).

#### ب) آموزش و آزمایش شبکه عصبی

برای نیل به هدف، شبکه عصبی مصنوعی میانگین مربعات خطا را حداقل می‌کند. فرایند استفاده از شبکه عصبی برای مدل‌سازی داده‌ها به این صورت می‌باشد که ابتدا داده‌های موجود به مجموعه‌های آموزش و آزمایش تقسیم می‌شوند. زوج‌های ورودی و خروجی از طریق مجموعه آموزش به هم مرتبط و سپس به شبکه عصبی ارائه و اوزان و اریب بر اساس حداقل‌سازی تابع خطا تنظیم می‌گردد. این مرحله، فاز آموزش شبکه عصبی نامیده می‌شود. خطا حداقل می‌شود و توانایی شبکه عصبی برای تعمیم نتایج، ارزیابی می‌شود (امینیان و همکاران، ۲۰۰۷).

علاوه بر ساختار شبکه، روش تعیین مقادیر وزن‌ها (فاز آموزش)، از ویژگی‌های متمایز کننده مهم در میان شبکه‌های عصبی مختلف است. آموزش در شبکه‌های عصبی، مشابه بسیاری از تکنیک‌های دیگر، می‌تواند بر دو صورت با نظارت<sup>۱</sup> و بدون نظارت<sup>۲</sup> صورت پذیرد (چن و همکاران، ۲۰۲۰). در یادگیری با نظارت نمونه‌هایی از مقادیر ورودی و خروجی موردنظر به عنوان الگوهای آموزشی انتخاب می‌گردند و در روند یادگیری، وزن‌های ارتباطی شبکه به گونه‌ای تنظیم می‌شود که خروجی مدل به خروجی مورد نظر نزدیک شود. در یادگیری بدون نظارت، بردار آموزش‌دهنده وجود ندارد و وزن‌ها بر اساس ورودی‌ها اصلاح می‌شوند. قوانینی که در این دسته قرار می‌گیرند در پاسخ به ورودی شبکه و با کشف همبستگی و خواص آماری بین ورودی‌های مختلف، وزن‌های شبکه را اصلاح و باعث تفکیک دسته‌ها و یا کلاس‌های مختلف از یکدیگر می‌شوند. در به‌کارگیری روش بدون نظارت برای آموزش شبکه‌های عصبی، این فرض که تمام الگوهای ورودی دارای ویژگی مشترکی هستند و شبکه قادر می‌باشد این ویژگی‌ها را تنها با استفاده از ورودی‌ها کشف کند باید در نظر گرفته شود. شایان ذکر است که از روش‌های یادگیری بدون نظارت بیشتر در مسائل طبقه‌بندی و بهینه‌سازی استفاده می‌شود. روش کار به این صورت است که مجموعه‌ای از متغیرها به یک شبکه ارائه می‌شوند و سپس با استفاده از جستجوی الگوهای مشابه و یا تفاوت در اطلاعات ورودی، روابط داخلی بین داده‌ها مشخص می‌شوند. پس از این مرحله با ارائه ورودی‌های جدید کلاس‌بندی و یا نهفته‌سازی انجام می‌گیرد (فنگ و لو، ۲۰۱۹).

در آموزش شبکه عصبی هر چه مشاهدات کامل‌تر باشد آنچه انتزاع شده است، صحیح‌تر خواهد بود. البته این احتمال وجود دارد که برخی مشاهدات گمراه‌کننده باشند و با روش کلی مشاهدات هماهنگ نباشد؛ بنابراین آن چه به عنوان نمونه‌های آموزشی در اختیار شبکه عصبی قرار می‌گیرد تا حد امکان باید پالایش و همسان باشند. شبکه عصبی آن چه را مشاهده می‌کند در قالب پارامترهای درونی خود به خاطر می‌سپارد. در واقع، تکرار هر یک از مشاهدات موجب تغییر پارامترهای درونی شبکه در جهت حفظ روابط حاکم بر مشاهدات خواهد شد. آنچه در حافظه شبکه عصبی نگهداری می‌شود، تک‌تک مشاهدات نیست بلکه روش و برداشت کلی از مشاهدات است. به همین دلیل است که بعضاً شبکه عصبی در رویارویی مجدد با نمونه‌های آموزشی، همراه با خطای قابل اغماض عکس‌العمل نشان می‌دهند؛ اما این استواری و ثبات در عمل را دارد که در برخورد با عموم نمونه‌های مشابه، عملکردی مناسب و همراه با خطای قابل اغماض داشته باشد (هوآنگ و همکاران، ۲۰۱۹).

الگوریتم آموزش شبکه‌های عصبی در واقع فرآیندی است که طی آن وزن‌های ارتباطی بین لایه‌ها و نرون‌های متناظر اریب<sup>۳</sup> تعیین می‌شود. برای آموزش شبکه‌های عصبی می‌توان از الگوریتم پس انتشار خطا (BP)، الگوریتم گرادیان نزولی<sup>۴</sup> (CG)، الگوریتم مومنتم<sup>۵</sup> (MOM) و الگوریتم لونیبرگ - مارکوئت<sup>۶</sup> (LM) استفاده کرد (منهاج، ۱۳۸۷). در طول فاز آزمایش یا تعمیم، خروجی‌های موجود در مجموعه آموزش پیش‌بینی و نتایج با مقادیر واقعی مقایسه می‌شود (امینیان و همکاران، ۲۰۰۷).

<sup>۱</sup>-Supervised Trainig

<sup>۲</sup>-Unsupervised Training

3- Bias

<sup>۴</sup>-Conjugate Gradient

<sup>۵</sup>-Momentum

<sup>۶</sup>-Levenberg-Marquardt

## ج) معیارهای انتخاب شبکه بهینه

برای ارزیابی دقت پیش‌بینی صورت پذیرفته توسط روش‌های مختلف، معیارهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی از مهم‌ترین معیارهای مورد استفاده در مطالعات عبارتند از:

میانگین مربعات خطا (MSE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، و میانگین قدرمطلق خطا (MAE). معیار MSE کاربردی‌ترین معیار ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف پیش‌بینی است. این شاخص در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در واقع این معیار متوسط میزان خطا را به ازای هر مشاهده محاسبه می‌کند.

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P - A)^2 \quad (6)$$

با جذرگیری از میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به صورت رابطه (۳-۱۴) به دست خواهد آمد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P - A)^2} \quad (7)$$

معیار MAE متوسط مقادیر خطا را صرف‌نظر از منفی یا مثبت بودن محاسبه می‌کند. این معیار با استفاده از رابطه (۳-۱۵) محاسبه می‌شود:

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |P - A| \quad (8)$$

در روابط بالا P و A به ترتیب بیان‌گر مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی هستند. معیارهای خطای پیش‌بینی هر چه کمتر باشند نمایان‌گر پیش‌بینی دقیق‌تر و درست‌تر هستند (بالیان و همکاران، ۲۰۱۵).

## ۴-۲- روش گردآوری اطلاعات

تحقیق حاضر از لحاظ موضوعی در حوزه مباحث مالی و اقتصادی قرار دارد. همچنین از آن‌جا که موضوع کلان و مربوط به کل کشور است، قلمرو مکانی تحقیق حاضر، فضای کلان اقتصاد ایران و کل کشور است. در مطالعه حاضر اطلاعات مربوط به تجزیه و تحلیل نتایج و بررسی اهداف و فرضیات تحقیق از طریق پیمایش اسنادی و به صورت سری زمانی (فصلی) از آمارنامه‌های بانک مرکزی و مرکز آمار ایران برای دوره زمانی "فصل دوم ۱۴۰۰ - فصل اول ۱۳۷۰" جمع‌آوری شد. در ادامه با سازمان‌دهی داده‌ها در نرم‌افزار Excel، اطلاعات با استفاده از نرم‌افزارهای Eviews تجزیه و تحلیل شدند.

### ۳- سوالات پژوهش

با توجه به نوع پژوهش پیش‌رو ارائه سوالات تحقیق به جای فرضیه می‌تواند مطلوبتر و موثرتر واقع شود لذا سوالات اصلی پژوهش بر اساس اهداف و چارچوب تحقیق به شرح زیر ارائه شده است:

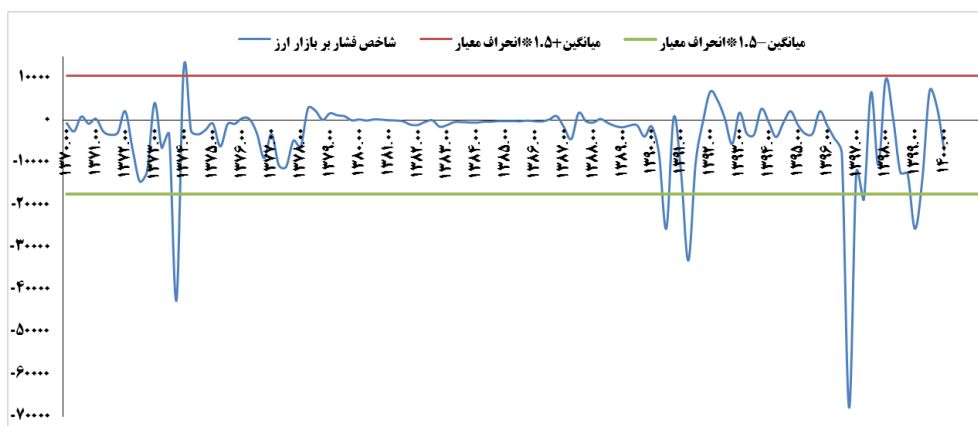
- آیا می‌توان بحران‌های ارزی را در بازه‌های زمانی مشخص در نظام مالی ایران به طور دقیق تفکیک و شناسایی نمود؟
- کدام شاخص‌های اقتصادی به عنوان نشانگرهای قابل اعتماد برای پیش‌بینی بحران‌های ارزی در نظام مالی ایران عمل می‌کنند؟
- آیا شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از متغیرهای هدایتگر نهایی به درستی بحران ارزی سال ۱۴۰۲ را پیش‌بینی نموده است؟

### ۴- یافته‌های پژوهش

#### ۴-۱- بررسی یافته‌های پژوهش بر اساس چارچوب تحقیق

مرحله ۱: تعیین سال‌های وقوع بحران ارزی از طریق شاخص فشار بر بازار ارز

با توجه به بالاتر بودن شاخص فشار بر بازار ارز از حدود آستانه‌ای در سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹، سال‌های مذکور به عنوان سال‌های بحران ارزی انتخاب شدند.

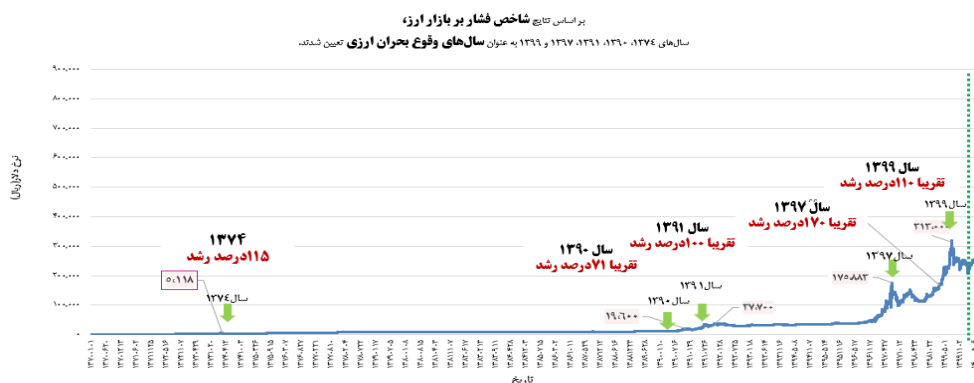


شکل ۲- وقوع بحران‌های ارزی از طریق شاخص فشار بر بازار ارز

منبع: یافته‌های پژوهشگر

لازم به ذکر است در تحقیق انجام شده توسط ابراهیمی، ایلناز و توکلین، حسین (۱۳۹۱) با عنوان "طراحی یک سامانه هشداردهی زود هنگام در ایران با استفاده از رویکرد مارکوف سویچینگ" سال ۱۳۷۷ نیز به عنوان بحران ارزی شناسایی شده است لیکن بر اساس بررسی صورت گرفته می‌توان ادعان داشت که علت عدم شناسایی این

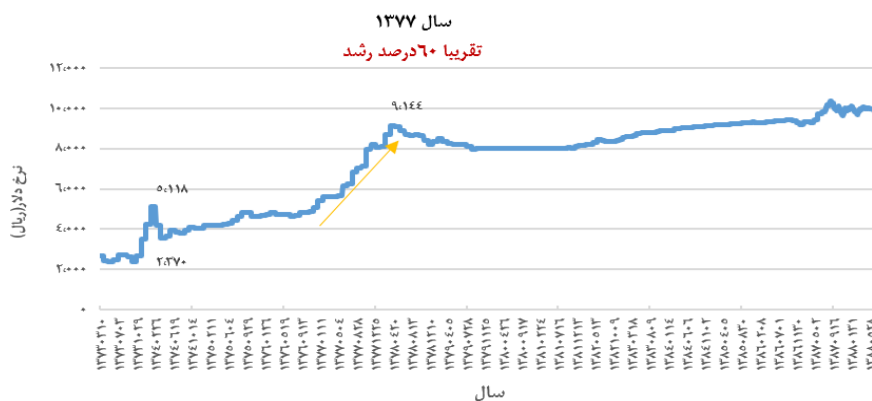
سال از طریق شاخص فشار بر بازار ارز می‌تواند بازه زمانی انتخابی طولانی‌تر (از سال ۱۳۷۰ الی ۱۴۰۰) و همچنین درصد افزایش چشمگیر ارز در سال‌های وقوع بحران ارزی باشد. در نمودار زیر داده‌های وارد شده در اکسل به همراه درصد نرخ رشد در سال‌های بحران ارزی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- بررسی تطبیقی وقوع بحران ارزی بر اساس داده‌های واقعی از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در ادامه جهت بررسی سال ۱۳۷۷ داده‌های بازه زمانی ۱۳۷۳ الی ۱۳۸۸ ارائه شده است. همان‌طور که نمودار زیر نشان می‌دهد درصد رشد نرخ ارز در سال مورد نظر تقریباً ۶۰ درصد بوده که در میان رشدهای بالغ بر ۱۰۰ درصدی چشمگیر نمی‌باشد لذا یکی از دلایل عدم شناسایی آن سال به عنوان سال دارای بحران ارزی می‌تواند نرخ رشد کمتر از میانگین باشد.



شکل ۴- بررسی افزایش نرخ ارز در سال ۱۳۷۷

منبع: یافته‌های پژوهشگر

## مرحله ۲: شناسایی شاخص‌های هدایتگر بحران ارزی در نظام مالی ایران

در این بخش متغیرهای هدایتگر بحران‌های ارزی بر اساس مطالعات و پژوهش‌های گذشته به شرح جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۲- متغیرهای هدایتگر بحران ارزی سیستمیک استخراج شده از پیشینه مطالعات و نظرات خبرگان

بخش	متغیرها	علامت اختصاری	منبع
متغیرهای بخش واقعی و عمومی	رشد تولیدات صنعتی	GIND	کامینسکی و همکاران (۱۹۹۸)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، فریدون (۲۰۰۸)، فرزین و همکاران (۲۰۲۱)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)
	نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی	LI/CFBA	فرانکل و رز (۱۹۹۶)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، ادیسون (۲۰۰۳)، فورد و همکاران (۲۰۰۷)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)
	نرخ تورم	INF	آری و سرگیبوزان (۲۰۱۸)، فرزین و همکاران (۲۰۲۱)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، سلمانی و همکاران (۱۳۹۸)، کلامی و همکاران (۱۳۹۸)، نصیری و همکاران (۱۳۹۹)
	نرخ رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی	GGDP	ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، سلمانی و همکاران (۱۳۹۸)، کلامی و همکاران (۱۳۹۸)، نصیری و همکاران (۱۳۹۹)
	نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی حقیقی	BD/GDP	فرزین و همکاران (۲۰۲۱)، ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)، سلمانی و همکاران (۱۳۹۸)، کلامی و همکاران (۱۳۹۸)
	نسبت کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی حقیقی	FD/GDP	سلمانی و همکاران (۱۳۹۸)، کلامی و همکاران (۱۳۹۸)
متغیرهای مؤثر بر جاری	درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت و گاز	FOEI	ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)
	نسبت درآمد ارزی کل به دارایی خارجی بانک مرکزی	FI/CFBA	ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)
	نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی	CFBA/CFBD	فرانکل و رز (۱۹۹۶)، برگ و پاتیلو (۱۹۹۹)، فریدون (۲۰۰۸)، انهانگ (۲۰۱۵)، الاساف (۲۰۱۷)، نصیری و همکاران (۱۳۹۹)
متغیرهای بخش مالی	نسبت "بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی" به پایه پولی	DBC/MB	ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)
	نسبت وام به سپرده بانک‌ها	L/DCB	فرزین و همکاران (۲۰۲۱)
	نسبت سپرده‌های بانکی به نقدینگی	DCB/LI	ابراهیمی و توکلیان (۱۳۹۱)
	نرخ سود سپرده‌های بانکی	INR	نصیری و همکاران (۱۳۹۹)
	بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی	BDCB	کامینسکی و رینهارت (۱۹۹۹)، لین و همکاران (۲۰۰۶)، فرزین و همکاران (۲۰۲۱)

منبع	علامت اختصاری	متغیرها	بخش
کامینسکی و رینهارت (۱۹۹۹)، لین و همکاران (۲۰۰۶)، فرزین و همکاران (۲۰۲۱)	GDCB	بدهی دولت به بانک مرکزی	

منبع: یافته‌های پژوهشگر

## مرحله ۳: محاسبه خطاهای نوع اول و دوم (آلفا و بتا) متغیرهای هدایتگر

در جدول زیر خطای بتا و آلفای متغیرها محاسبه و همانطور که مشاهده می‌شود ۴ متغیر نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی، نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی، نسبت سپرده‌های بانکی به نقدینگی و نرخ سود سپرده‌های بانکی دارای خطای آلفا و بتا بالایی بوده لذا از متغیرهای نهایی هدایتگر خارج شده‌اند.

جدول ۳- محاسبه خطای آلفا و بتای متغیرهای هدایتگر بحران ارزی

خطای آلفا	خطای بتا	علامت اختصاری	متغیرها	بخش
۰/۰۴	۰/۲۰	GIND	رشد تولید صنعتی	نسبت نقدینگی و سپرده‌های بانکی
۴/۱۲	۲۰	LI/CFBA	نسبت نقدینگی به دارایی‌های خارجی بانک مرکزی	
۰/۱۰	۰/۵۰	INF	نرخ تورم	
۰/۶۹	۳/۵۰	GGDP	نرخ رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی	
۰/۴۶	۱/۲۵	BD/GDP	نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی حقیقی	
۰/۲۰	۱	FD/GDP	نسبت کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی حقیقی	
۰/۵۹	۳	FOEI	درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت و گاز	نسبت درآمد ارزی موازنه
۰/۵۹	۳	FI/CFBA	درآمد ارزی کل	
۳/۲۹	۱۶	CFBA/CFBD	نسبت دارایی‌های خارجی به بدهی‌های خارجی بانک مرکزی	
۰/۲۶	۱/۳۳	DBC/MB	نسبت "بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی" به پایه‌ی پولی	نسبت سپرده‌های بانکی
۰/۷۸	۴	L/DCB	نسبت وام به سپرده بانک‌ها	
۳/۲۹	۱۶	DCB/LI	نسبت سپرده‌های بانکی به نقدینگی	
۲/۴۷	۱۲	INR	نرخ سود سپرده‌های بانکی	
۰/۳۴	۱/۷۵	BDCB	بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی	
۰/۱۵	۰/۷۵	GDCB	بدهی دولت به بانک مرکزی	

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در این بخش معنی‌داری مدل و متغیرها در کنار یکدیگر مورد آزمون قرار گرفته اند.

جدول ۴- آزمون‌های برازش مدل

نوع آزمون	هدف از آزمون	آماره	سطح معنی‌داری	تفسیر
جارگ-برا (JB)	آزمون نرمالیتی داده‌ها (نرمال بودن خطاها)	۰.۱۳	۰.۹۴	$0.05 < 0.94$ فرض نرمال بودن داده‌ها پذیرفته می‌شود.
حداکثر راستنمایی (LR)	بررسی معناداری کلی مدل	۷۶.۹۵	۰/۰۰	چون $0.01 > 0.00$ مدل به طور کلی معنادار است. متغیرهای مستقل حداقل ۷۶.۹۵٪ از تغییرات بحران ارزی را توضیح می‌دهند.
هاسمر-لمشو (Hosmer-Lemeshow)	بررسی برازش مدل با مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی	۰.۸۵	۰.۹۹	$0.05 < 0.99$ اختلاف معناداری بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی وجود ندارد. "مدل توانسته بحران‌های تاریخی را به درستی پیش‌بینی کند."
آندریوز Andrews	بررسی برازش پایداری مدل است که آن برای پیش‌بینی بحران‌های آتی استفاده کرد	۷.۵۹	۰.۱۶	(p-value=0.16) پذیرش فرض ثبات چون $0.05 < 0.16$ ، فرضیه ثبات ساختاری مدل پذیرفته می‌شود
ضریب تعیین مک فادن	نشان‌دهنده توضیح‌دهندگی بسیار بالای مدل است	۰.۷۱		مقدار بین ۰.۲ تا ۰.۴ قابل قبول و بالای ۰.۴ عالی است.

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در سطح معنی‌داری  $\alpha < 0.01$  مقادیر همبستگی پیرسون با شاخص ERPI به شرح جدول زیر است. جدول زیر نقش هر یک از متغیرهای هدایتگر نهایی را نشان می‌دهد:

جدول ۵- همبستگی و نقش متغیرهای هدایتگر

متغیر	ضریب همبستگی	نقش متغیر و جهت رابطه	قدرت رابطه	تفسیر اقتصادی محقق
۱. رشد تولیدات صنعتی	-0.68	معکوس	قوی	بهبود تولید صنعتی → کاهش ۶۸٪ احتمال بحران ارزی
۲. نرخ تورم	0.87	مستقیم	قوی	افزایش ۱٪ تورم → افزایش ۸۷٪ فشار بر بازار ارز
۳. رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی	-0.62	معکوس	قوی	رشد اقتصادی عامل تعدیل‌کننده بحران‌های ارزی
۴. نسبت کسری بودجه به GDP	0.79	مستقیم	قوی	کسری بودجه به GDP → هشدار قرمز بحران ارزی
۵. نسبت کسری حساب جاری به GDP	0.43	مستقیم	متوسط	کسری مازمن حساب جاری → آسیب‌پذیری سیستم ارزی
۶. درآمدهای ارزی صادرات نفت و گاز	-0.51	معکوس	متوسط	کاهش درآمد نفتی → افزایش ۰.۵۱ ریسک بحران
۷. درآمد ارزی کل	-0.49	معکوس	متوسط	تنوع بخشی به درآمدهای ارزی → کاهش وابستگی به نفت و کاهش بحران ارزی
۸. نسبت بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی به پایه پولی	0.73	مستقیم	قوی	افزایش بدهی بانک‌ها → فشار بر ذخایر ارزی بانک مرکزی
۹. نسبت وام به سپرده بانک‌ها	0.31	مستقیم	ضعیف	نسبت → هشدار اولیه بحران
۱۰. بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی	0.76	مستقیم	قوی	افزایش بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی → افزایش ۰.۷۶ فشار بر نظام ارزی
۱۱. بدهی دولت به بانک مرکزی	0.69	مستقیم	قوی	استقراض دولت از بانک مرکزی → تزریق پول پر قدرت و آسیب‌پذیری سیستم ارزی

منبع: یافته‌های پژوهشگر

#### مرحله ۴: مراحل الگوسازی در مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی

در این مرحله متغیرهای رشد تولیدات صنعتی، نرخ تورم، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی، نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی حقیقی، نسبت کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی حقیقی، درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت و گاز، درآمد ارزی کل، نسبت "بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی" به پایه‌ی پولی، بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی و بدهی دولت به بانک مرکزی به‌عنوان متغیرهای ورودی (s) انتخاب و شاخص فشار بر بازار ارز به‌عنوان متغیر خروجی (p) وارد مدل شبکه عصبی شده است. در ادامه با توجه به مراحل انجام کار در مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، متغیرهای ورودی (ها) در هر یک از این دو مرحله به سه زیر مجموعه مجزا تحت عنوان داده‌های آموزش (S1)، داده‌های اعتبارسنجی<sup>۱</sup> (S2) و داده‌های آزمون (S3) تقسیم و بر این اساس ۴۰ درصد از داده‌ها به‌عنوان داده‌های آموزش و به ترتیب ۳۰ و ۳۰ درصد داده‌ها به امر اعتبارسنجی و آزمون اختصاص داده شد. سپس با توجه به قابلیت‌های بالای شبکه پرسپترون چند لایه، این شبکه جهت طراحی ساختارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین تعداد لایه مخفی برای هر شبکه، بر اساس تجربیات گذشته تنها یک لایه مخفی برای هر شبکه در نظر گرفته شد و تعداد نرون‌ها در لایه‌های مخفی نیز بین ۲ تا ۲۰ نرون متغیر بوده است. به منظور تعیین توابع فعالیت در لایه مخفی و خروجی، از آن جا که تابع سیگموئید در ساختارهای مختلف طراحی شده دارای عملکرد بهتری بوده از این تابع به‌عنوان تابع فعالیت در لایه مخفی و خروجی استفاده شده است. همچنین با توجه به مزیت بالای الگوریتم آموزش مومنتم نسبت به سایر الگوریتم‌های آموزش، جهت فرار از دام مینیمم محلی<sup>۲</sup>، برای تصحیح وزن‌ها و به دست آوردن وزن‌های بهینه شبکه از الگوریتم آموزش مومنتم و جهت آموزش و یادگیری شبکه به ترتیب از نرخ‌های آموزش و یادگیری ۰/۱ و ۰/۵ استفاده شده است؛ و در نهایت جهت مقایسه دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی در ساختارهای مختلف طراحی شده از معیارهای میانگین مجذور خطا (MSE)، میانگین مجذور خطای استاندارد نرمال شده (NMSE) و ضریب همبستگی (r) استفاده شده است.

جدول زیر نتایج مربوط به مشخصات شبکه‌ها برای هر یک از ساختارهای طراحی شده را نشان می‌دهد. در جدول مذکور تعداد نرون‌ها در لایه مخفی بین ۲ تا ۲۰ نرون متغیر بوده است. بر این اساس در جدول مذکور با توجه به معیار حداقل MSE داده‌های آموزش، شبکه ۱۰ با ۱۱ نرون در لایه مخفی به‌عنوان بهترین شبکه انتخاب شده است. نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی ۱۰ در جدول (۶) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول، معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی نیز دقت و قدرت بالای شبکه ۱۰ را تأیید می‌نمایند؛ به طوری که به‌عنوان مثال ضریب همبستگی (r) در این ساختار طراحی شده برابر با ۰/۹۹ بوده و سایر معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی نیز در حد مطلوبی قرار دارند.

<sup>۱</sup>- Cross Validation

<sup>۲</sup>- Local Minima

جدول ۶- مشخصات شبکه‌ها برای هر یک از ساختارهای طراحی شده

شبکه	تعداد نرون در لایه مخفی	حداقل MSE
۱	۲	۰/۱۱
۲	۳	۰/۰۶
۳	۴	۰/۵۱
۴	۵	۰/۲۰
۵	۶	۰/۲۱
۶	۷	۰/۲۶
۷	۸	۰/۷۸
۸	۹	۰/۴۳
۹	۱۰	۰/۰۶
۱۰	۱۱	۰/۰۵
۱۱	۱۲	۰/۶۶
۱۲	۱۳	۰/۳۱
۱۳	۱۴	۰/۱۱
۱۴	۱۵	۰/۱۱
۱۵	۱۶	۰/۲۳
۱۶	۱۷	۰/۰۷
۱۷	۱۸	۰/۰۹
۱۸	۱۹	۰/۱۱
۱۹	۲۰	۰/۰۶

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۷- نتایج معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی

مقدار	معیار دقت
۰/۳۰	میانگین مجذور خطای استاندارد نرمال شده (NMSE)
۰/۹۹	ضریب همبستگی (r)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

## ۴-۲- پیش‌بینی وقوع یا عدم وقوع بحران ارزی تا پایان سال ۱۴۰۲

شکل (۵) پیش‌بینی وقوع بحران ارزی را تا پایان سال ۱۴۰۲ با توجه به تأثیر متغیرهای هدایتگر بحران ارزی نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مذکور مشخص است شاخص فشار بازار ارز در سال ۱۴۰۰ از حدود آستانه‌ای بالاتر نخواهد رفت؛ اما در ماه‌های پایانی سال ۱۴۰۱ و ماه‌های ابتدایی سال ۱۴۰۲ از حدود آستانه‌ای بالاتر خواهد رفت.

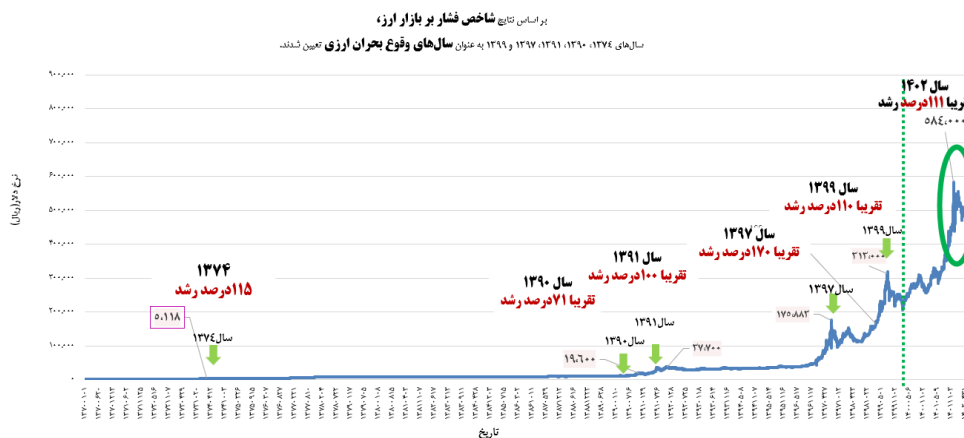
لذا در سال‌های مذکور بحران ارزی اتفاق خواهد افتاد. این موضوع بدین معنی است که در شاخص‌های هدایتگر بحران ارزی طی دو سال آینده تغییراتی مشاهده می‌گردد که بیان‌گر احتمال وقوع بحران ارزی جدید در کشور می‌باشد.



شکل ۵- پیش‌بینی وقوع بحران ارزی تا پایان سال ۱۴۰۲ در چارچوب مدل شبکه عصبی مصنوعی با توجه به تأثیر متغیرهای هدایتگر بحران ارزی  
منبع: یافته‌های پژوهشگر

مقایسه نتایج پیش‌بینی شبکه عصبی با تغییرات واقعی نرخ ارز در سال ۱۴۰۲ نشان‌دهنده افزایش ۱۱۱ درصدی ارزش دلار است. نمودار ارائه‌شده، داده‌های تاریخی از سال ۱۳۷۰ تا نیمه اول ۱۴۰۰ را نمایش می‌دهد که به عنوان ورودی مدل استفاده شده‌اند.

در نمودار زیر اعداد بعد از خط چین سبزرنگ، نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌های مدل شبکه عصبی برای سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ با واقعیت بازار همخوانی دارد. در این تحقیق از روش ریاست‌نس یا پیش‌بینی خارج از نمونه استفاده شده است به عبارتی داده‌های سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۴۰۰ به عنوان داده‌های نمونه جهت پیش‌بینی بحران ارزی سال ۱۴۰۲ می‌باشد، از طریق این روش می‌توان پیش‌بینی انجام شده را با داده‌های واقعی تطبیق داد. در این بخش ممکن است سوالی مطرح شود که با توجه به چند نرخ بودن نرخ ارز، آیا در داده‌های مورد استفاده، نرخ ارز آزاد مناسبتر است یا نرخ ارز نیمایی که با توجه به نمودار زیر می‌توان ادعان داشت که داده‌های ارز آزاد حاکی از بحران ارزی است در صورتی که نرخ دلار نیمایی تحت تأثیر سیاست‌های دستوری قرار گرفته و تقریباً ثابت می‌باشد (رنگ بنفش دلار نیمایی، رنگ آبی نرخ ارز آزاد).



شکل ۶- بررسی تطبیقی وقوع بحران ارزی بر اساس داده‌های واقعی  
منبع: یافته‌های پژوهشگر



شکل ۷- بررسی نمودار نرخ ارز آزاد و نرخ ارز نیمایی  
منبع: یافته‌های پژوهشگر

## ۵- نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش، با استفاده از داده‌های فصلی بازه زمانی فصل اول ۱۳۷۰ تا فصل دوم ۱۴۰۰، بحران‌های ارزی در اقتصاد ایران شناسایی و وقوع بحران‌های خارج از نمونه (از فصل سوم ۱۴۰۰ تا پایان ۱۴۰۲) پیش‌بینی شده است. در تحقیق پیش‌رو ابتدا از طریق شاخص فشار بر بازار بحران‌های ارزی ۱۳۷۴، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ شناسایی و سپس با محاسبه خطاهای نوع اول و دوم (آلفا و بتا) متغیرهای هدایتگر، متغیرهای هدایتگر نهایی

انتخاب شده است. در نهایت با ورود متغیرهای هدایتگر نهایی به شبکه عصبی، شاخص فشار بر بازار ارز ترسیم و بحران ارزی سال ۱۴۰۲ پیش‌بینی شده است.

در مدل مربوطه ۱۱ متغیر هدایتگر اصلی که شامل رشد تولیدات صنعتی، نرخ تورم، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی، نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی حقیقی، نسبت کسری حساب جاری به تولید ناخالص داخلی حقیقی، درآمدهای ارزی حاصل از صادرات نفت و گاز، نسبت درآمد ارزی کل به دارایی خارجی بانک مرکزی، نسبت "بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی" به پایه پولی، نسبت وام به سپرده بانک‌ها، بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی و بدهی دولت به بانک مرکزی می‌باشند برگزیده شده و با توجه متغیرهای مزبور مدل برآزش شده، معنادار بوده است.

در سطح معنی‌داری  $\alpha < 0.01$  مقادیر همبستگی پیرسون با شاخص ERPI نقش هر یک از متغیرهای هدایتگر نهایی را نشان می‌دهد. متغیرهای هدایتگر شامل تولیدات صنعتی، رشد تولید ناخالص داخلی حقیقی، درآمدهای ارزی صادرات نفت و گاز و درآمد ارزی کل را بطه معکوس با شاخص فشار بر بازار ارز دارند و متغیرهای هدایتگر نرخ تورم، نسبت کسری بودجه به GDP، نسبت کسری حساب جاری به GDP، نسبت بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی به پایه پولی، بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی و بدهی دولت به بانک مرکزی رابطه مستقیم قوی با شاخص فشار بر بازار ارز دارند و نسبت وام به سپرده بانک‌ها نیز با توجه به ضریب همبستگی ۰.۳۱ تقریباً رابطه ضعیفی با بحران ارزی دارد.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی بحران‌های ارزی عملکرد بسیار خوبی داشته و اجرای مدل با شبکه ۱۰ و ۱۱ نورون مخفی دارای کمترین میانگین مجذور خطا (MSE) می‌باشد.

معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی نیز دقت و قدرت بالای شبکه ۱۰ را تأیید می‌نمایند؛ به طوری که به‌عنوان مثال ضریب همبستگی (r) در این ساختار طراحی شده برابر با ۰/۹۹ بوده و سایر معیارهای دقت پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی نیز در حد مطلوبی قرار دارند.

بر اساس نتایج مدل، شاخص فشار بازار ارز در سال ۱۴۰۰ از حدود آستانه‌ای بالاتر نخواهد رفت؛ اما در ماه‌های پایانی سال ۱۴۰۱ و ماه‌های ابتدایی سال ۱۴۰۲ از حدود آستانه‌ای بالاتر خواهد رفت که نشان‌دهنده وقوع بحران ارزی در این دوره است. مطالعه تطبیقی نتایج مدل با داده‌های واقعی حاکی از افزایش بالغ بر ۱۰۰ درصدی نرخ ارز در بازار در اواخر سال ۱۴۰۱ تا ابتدای سال ۱۴۰۲ می‌باشد. در این تحقیق از روش رباستنس یا پیش‌بینی خارج از نمونه استفاده شده است به عبارتی داده‌های سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۴۰۰ به عنوان داده‌های نمونه جهت پیش‌بینی بحران ارزی سال ۱۴۰۲ می‌باشد، از طریق این روش می‌توان پیش‌بینی انجام شده را با داده‌های واقعی تطبیق داد. مقایسه تطبیقی پژوهش پیش‌رو با سایر پژوهش‌ها حاکی از تفاوت متغیرهای هدایتگر استفاده شده و همچنین تفاوت در سال‌های بحران ارزی پیش‌بینی شده می‌باشد. در این پژوهش متغیر نسبت سپرده‌های بانکی به نقدینگی به دلیل خطاهای بتا و آلفای مربوطه از مدل حذف و متغیر نسبت بدهی بانک‌ها به بانک مرکزی به عنوان یک عامل با اثر قوی جهت پیش‌بینی بحران ارزی مورد تأیید قرار گرفته است. در این تحقیق نیز سال

۱۳۷۷ به عنوان بحران ارزی شناسایی نشده و این موضوع می‌تواند به دلیل تطویل بازه زمانی و همچنین درصد رشد نرخ ارز در آن سال باشد. در سال ۱۳۷۷ رشد نرخ ارز تقریباً ۶۰ درصد بوده که در میان رشدهای بالغ بر ۱۰۰ درصدی چشمگیر نمی‌باشد لذا یکی از دلایل عدم شناسایی آن سال به عنوان سال دارای بحران ارزی می‌تواند نرخ رشد کمتر از میانگین باشد.

همواره پژوهش‌گران در تحقیقات خود با محدودیت‌هایی مواجه هستند که بسیاری از آن‌ها تحت کنترل محققان نیستند مانند داده‌هایی که با یک گپ زمانی ارائه می‌شوند و برخی از آنها به صورت ماهانه در دسترس نبوده و می‌بایست به صورت فصلی در مدل قرار بگیرند. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که به بررسی و تحلیل اثرات متغیرهای هدایتگر بر بحران‌های ارزی با لحاظ کردن اثر چرخه‌های تجاری و همچنین تاثیر موضوعات سیاسی و اقتصادی بر نرخ ارز بر اساس تقویم بین‌المللی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

### فهرست منابع

- ابراهیمی، ایلناز، و توکلیمان حسین. (۱۳۹۱). طراحی یک سامانه هشداردهی زود هنگام بحران‌های ارزی در ایران با استفاده از رویکرد مارکوف سوئیچینگ، بیست و دومین همایش سالانه سیاست‌های پولی و ارزی، تهران.
- اربابی، فرزین (۱۳۹۷). پیش‌بینی تلاطم بازدهی سکه طلا در بازار دارایی‌های مالی، فصلنامه اقتصاد مالی، سال دوازدهم، شماره ۴۳، صص ۱۹۲-۱۷۹
- پور عبادالهیان کوچ، محسن. اصغرپور، حسین. فالچی، فیروز. ستار رستمی، همت. (۱۳۹۷)، اندازه‌گیری شکنندگی سیستم بانکی ایران بر اساس شاخص BSFI، فصلنامه اقتصاد مالی، شماره ۴۵.
- دیزجی، منیژه. آهنگر گرگری، محدثه. (۱۳۹۴)، تاثیر توسعه مالی بر توزیع درآمد در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، فصلنامه اقتصاد مالی، شماره ۴۱.
- سلمانی، بهزاد، اصغرپور، حسین، و کلامی، محمد. (۱۳۹۸). طراحی یک الگوی هشداردهنده زود هنگام بحران‌های ارزی در ایران: رویکردهای لاجیت و مارکوف سوئیچینگ خودرگرسیون برداری. اقتصاد و تجارت نوین، ۱۴(۳): ۹۷-۱۲۴.
- طییبی، سید کمیل، و نصیری، نرگس. (۱۴۰۰). ارزیابی ارتباط بین بحران ارزی و شاخص کنترل سرمایه به منظور طراحی الگوی هشدار دهنده زود هنگام بحران ارزی. پژوهش‌های اقتصادی ایران.
- علوی رضوی، سید یحیی، شهبازی نجفعلی، و احدی، محمدحسین. (۱۳۹۹). واکاوی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بحران ارزی سال ۱۳۹۷. فصلنامه آفاق امنیت، ۱۳(۴۸): ۷۶-۵۱.
- کلامی، محمد، و سلمانی، بهزاد، و اصغرپور، حسین. (۱۳۹۸). بررسی عوامل مؤثر بر شاخص بحران ارزی تعدیل شده در ایران: رویکرد رگرسیون لاجیت. اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی)، ۱۶(۴): ۶۷-۴۳.
- مصصامی، حسین، و پناهی، محمدسعید، و علوی، سید طالب. (۱۴۰۲). منشاء بحران‌های ارزی براساس نسل‌های بحران ارزی و ارائه توصیه سیاستی با رهیافت اقتصاد مقاومتی. معرفت اقتصاد اسلامی، ۱۴(۲): ۶۸-۴۳.

نصرالهی، محمد، و یآوری، کاظم، و نجارزاده، رضا، و مهرگان، نادر. (۱۳۹۶). طراحی یک سیستم هشدار زودهنگام بحران‌های ارزی در ایران: رویکرد رگرسیون لجستیک. تحقیقات اقتصادی، ۱۵۲(۱): ۲۱۴-۱۸۷.

نصیری، نرگس، طیبی، سیدکامیل، شجری، هوشنگ، واعظ برزانی، محمد. (۱۳۹۹). الگوسازی عوامل هشداردهنده زودهنگام بحران ارزی تحت نظام‌های ارزی متفاوت. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. ۲۸ (۹۶): ۹۱-۱۲۰.

نمکی، علی، عیوضلو، رضا، فلاح پور، سعید و رامتین نیا، شاهین. (۱۴۰۳). طراحی و توسعه یک سیستم هشدار زودهنگام (EWS) مبتنی بر یادگیری ماشین جهت پیش‌بینی رویدادهای بحرانی جهانی بازارهای سهام. دانش سرمایه‌گذاری ۱۵(57), 187-222. doi: 10.30495/jik.2024.77168.4481

- Al-Assaf, G. (2017). An early warning system for currency crisis: comparative study for the case of Jordan and Egypt. *Journal of economics and financial issues*, 7(3), 43-50.
- Ari, A., & Cergibozan, R. (2018). Currency crises in Turkey: An empirical assessment. *Research in International Business and Finance*, 46, 281-293.
- Berg, A., & Pattillo, C. (1999). Are currency crises predictable? A test. *IMF Staff papers*, 46(2), 107-138.
- Berg, A., & Pattillo, C. (1999). Predicting currency crises: The indicators approach and an alternative. *Journal of international Money and Finance*, 18(4), 561-586.
- Davis, E. P., & Karim, D. (2008). Comparing early warning systems for banking crises. *Journal of Financial stability*, 4(2), 89-120.
- Edison, H. J. (2003). Do indicators of financial crises work? An evaluation of an early warning system. *International Journal of Finance & Economics*, 8(1), 11-53.
- Farzin, F., Googerdchian, A., & Saffari, B. (2021). Anticipation of Currency Crisis in Iran Economy the Use of an Early Warning System. *Iranian Economic Review*, 25(1), 69-83.
- Frankel, J. A., & Rose, A. K. (1996). Currency crashes in emerging markets: An empirical treatment. *Journal of international Economics*, 41(3-4), 351-366.
- Friedman, M., & Schwartz, A. J. (2008). *A monetary history of the United States, 1867-1960 (Vol. 14)*. Princeton University Press.
- Jebeli, S. S. H., Barouni, M., Orojloo, P. H. and Mehraban, S. (2015). Estimating the marginal effect of socioeconomic factors on the demand of specialty drugs. *Global journal of health science*, 7(2), 28.
- Kaminsky, G. L. (1999). Currency and banking crises: the early warnings of distress. *International Monetary Fund*.
- Kaminsky, G., Lizondo, S., & Reinhart, C. M. (1998). Leading indicators of currency crises. *Staff Papers*, 45(1), 1-48.
- Kaminsky, G. L., & Reinhart, C. M. (1999). The twin crises: the causes of banking and balance-of-payments problems. *American economic review*, 89(3), 473-500.
- Mamdouh Abdelmoula M. Abdelsalam, Hany Abdel-Latif (2022). An optimal early warning system for currency crises under model uncertainty. *Central Bank Review*. Volume 20, Issue 3, Pages 99-107.
- Nhung, H. T. H. (2015). Developing an early warning system to predict currency crises in emerging markets.

**Predicting Currency Crises by Combining the Exchange  
Market Pressure Index and Artificial Neural Networks:  
(Time Period 1991-2021 and Out-of-Sample Forecasting from  
2022 to 2023)**

**Abbas Keshvari**

Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
keshvariabbas99@gmail.com

**Gholamreza Zomorodian**

Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
(Corresponding Author)  
gho.zomorodian@iauctb.ac.ir

**Mirfeyz Fallahshams Liyalestani**

Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
fallahshams@gmail.com

**Abstract**

Severe exchange rate fluctuations have caused significant losses to economic enterprises, so predicting currency crises is of great importance in order to make timely decisions and reduce the consequences of currency shocks. In this study, using seasonal data from the first quarter of 1991 to the second quarter of 2021, currency crises in the Iranian economy have been identified and the occurrence of out-of-sample crises (from the third quarter of 2022 to the end of 2023) has been predicted.

In the present study, first, the currency crises 1995, 2011, 2012, 2018 and 2020 were identified through the pressure index, and then the final guiding variables were selected by calculating the first and second type errors (alpha and beta) of the guiding variables. Finally, by entering the final guiding variables into the neural network, the pressure index on the foreign exchange market and the currency crisis of 2023 have been predicted.

Based on the model results, the pressure index on the foreign exchange market in 2021 will not exceed a threshold; but in the final months of 2022 and the early months of 2023 it will exceed a threshold, indicating the occurrence of a currency crisis in this period. A comparative study of the model results with real data indicates an increase of more than 100% in the exchange rate in the market from late 2022 to early 2023.

**Keywords:** Currency crisis, Exchange Market Pressure (EMP) Index, Artificial Neural Network (ANN), Early Warning System (EWS), Exchange rate, Out-of-sample forecasting or Robustness