

# تبیین یک سیستم هشدار دهنده جهت شناسایی بحران‌های مالی در ایران

عزت‌اله صیادنیا طیبی<sup>۱</sup>  
دکتر علی ارشادی<sup>۲</sup>  
دکتر سعید صمدی<sup>۳</sup>  
دکتر هوشنگ شجری<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۷/۱۷

## چکیده

بحران‌های مالی و اثرات مخرب آن بر فضای اقتصادی و سیاسی جوامع بر کسی پوشیده نیست. در خصوص بحران‌های مالی نظریه‌های مختلف از جمله نظریه مارکس، نظریه شکست بازار کینز و نظریه مکتب اتریشی بر وجود چنین بحران‌هایی در سیستم سرمایه‌داری صحنه می‌گذارند و آن را جزئی از سیستم

---

\* دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان، نویسنده مسئول،

Ezat.Tayebi@yahoo.com

\*\* استادیار پژوهشکده پولی و بانکی، Arshadi63@yahoo.com

\*\*\* استادیار گروه اقتصاد دانشگاه اصفهان، Samadi\_Sa@yahoo.com

\*\*\*\* دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه اصفهان، Shajari77@yahoo.com

سرمایه‌داری می‌دانند. از این‌رو دانشمندان علم اقتصاد سعی دارند سیستمی را تبیین و طراحی کنند که بتواند قبل از وقوع بحران، سیاستگذاران را در جریان وقوع آن قرار دهد و سیاست‌های پیشگیرانه لازم در جهت مقابله با آن اجرا شود. لذا در این پژوهش یک سیستم هشداردهنده در جهت شناسایی بحران‌های مالی (بانکی و پولی) تبیین خواهد شد، بدین گونه که این سیستم هشداردهنده در صورت احتمال وقوع بحران در آینده باید بتواند یک سیگنال در حال حاضر مبنی بر احتمال وقوع بحران در آینده ارسال کند. ابتدا شاخص‌های هشدار شامل رشد تولید ناخالص داخلی، تورم، نرخ بهره حقیقی، شاخص بورس، نرخ ارز مؤثر و انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی، نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی از طریق روش سیگنالی انتخاب می‌شوند و سپس این متغیرها از طریق مدل لاجیت و شبکه عصبی مورد سنجش قرار می‌گیرند. تخمین‌ها طبق نتایج مورد انتظار می‌باشد و سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۷۳، ۱۳۶۶، ۱۳۵۹ به عنوان سال‌های بحرانی انتخاب می‌شوند و شاخص‌هایی همچون نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره حقیقی، نرخ تورم و انحرافات ارزی به عنوان شاخص‌های هشدار شناسایی می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** بحران‌های مالی، سیستم هشداردهنده اولیه، رویکرد سیگنالی، مدل لاجیت

طبقه‌بندی JEL : E58, C25, F47, G10

## ۱. مقدمه

وقوع انقلاب صنعتی در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم سرآغاز نظام اقتصاد سرمایه‌داری است. از آن زمان تاکنون این نظام بحران‌های متعدد مالی و اقتصادی را پشت سر گذاشته است. از دیدگاه نظری دلایل زیادی برای تأیید این فرضیه که بحران‌های مالی و اقتصادی از پدیده‌های ذاتی در نظام اقتصاد سرمایه‌داری هستند، وجود دارد. از سوی دیگر، وقوع دهها بحران جدی در خلال دو قرن اخیر می‌تواند فرضیه فوق‌الذکر را به لحاظ مشاهدات و سنجش‌های آماری تأیید کند. با وجود این نمی‌توان نتیجه گرفت که بحران‌های مالی و اقتصادی اساساً نگران‌کننده نیستند و نیازی به بررسی و تجزیه و تحلیل و تدوین سیاست‌های مناسب برای پیشگیری و مدیریت بحران وجود ندارد.

شاید بتوان این بحران‌ها را با وقوع زمین‌لرزه‌ها در نظام طبیعت مقایسه کرد، زیرا اولاً لرزش زمین ذات این نظام طبیعی است و ثانیاً به طور مرتب و پیوسته وجود دارد، هرچند وقوع بسیاری از آنها احساس نمی‌شود اما توسط دستگاه‌های زلزله‌نگار قابل ثبت است. با وجود این برخی زمین‌لرزه‌ها جدی است و برخی دیگر بسیار نگران‌کننده و تعدادی نیز مصیبت‌بار است. تاریخ بحران‌های اقتصادی در دنیا نشان‌دهنده مخرب بودن بعضی از آنها می‌باشد، از این رو لازم به طراحی سیستمی است که بتواند جلوی آثار مخرب برخی از این بحران‌ها را بگیرد.

سیستم هشداردهنده در جهان اولین بار بعد از بحران ارزی کشورهای اروپایی در سال ۱۹۹۲-۱۹۹۳، بحران کشورهای آمریکای لاتین ۱۹۹۴-۱۹۹۵ و به طور جدی‌تر بعد از بحران کشورهای شرق آسیا در سال ۱۹۹۷-۱۹۹۸ مطرح شد. در این زمینه علاوه بر صندوق بین‌المللی پول که پیشرو این روش است، برخی دانشگاه‌ها و بانک‌های مرکزی نیز تحقیقاتی انجام داده‌اند.

در این تحقیق از ۶۰ متغیر اقتصادی مطرح و تأثیرگذار استفاده شده است. روش کار به این صورت است که از رویکرد سیگنالی و با ترکیب داده‌ها و متغیرهای موجود و با نگاه به شواهد تجربی تاریخی در اقتصاد ایران، سال‌های بحرانی استخراج خواهند شد. سپس شاخص‌های منتخب باید قبل از بحران، هشدارهایی از خود بروز دهند. شاخص‌هایی که دارای نویز کمتری هستند با روش لاجیت تخمین

زده می‌شوند تا بهترین شاخص‌های اثرگذار معرفی شوند.

در پایان با استفاده از شبکه عصبی و پیش‌بینی روند متغیرها و مقایسه آنها با متغیرهای واقعی بر صحت سایر تخمین‌ها پی برده می‌شود. سیستم هشداردهنده توانسته است در این سه آزمون سال‌های ۱۳۷۳، ۱۳۷۲، ۱۳۶۶، ۱۳۵۹ را به عنوان سال‌های بحران شناسایی کند. با استفاده از این سه روش شاخص‌هایی چون رشد تولید ناخالص داخلی، تورم، نرخ بهره حقیقی، نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، تحرکات ارزی و نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخص‌های هشدار انتخاب شده‌اند، هر چند شاخص‌هایی چون نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی و نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی به دلیل کمبود داده در الگوی لاجیت و شبکه عصبی مورد آزمون قرار نگرفته‌اند. لذا در این مقاله ابتدا پیشینه و ادبیات تحقیق، سپس داده‌های مورد استفاده و روش تحقیق بررسی می‌شود. نتایج و پیشنهادهای سیاستی نیز در پایان ارائه خواهند شد.

## ۲. پیشینه تحقیق

بیشتر تحقیقاتی که در مورد طراحی سیستم هشداردهنده صورت گرفته است، معمولاً در حوزه بحران‌های ارزی می‌باشند و در حوزه بحران مالی پژوهش‌ها اندک است ولی سعی شده از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه بحران ارزی و بانکی نیز استفاده شود. مدل‌های موجود در سیستم هشداردهنده شامل مدل‌های ساختاری و غیرساختاری می‌باشند، مدل‌های ساختاری شامل مدل‌های لاجیت و پروبیت<sup>۱</sup> و سیستم منطق فازی و مدل‌های غیرساختاری شامل رویکرد سیگنالی می‌باشند. به طور مثال در حوزه لاجیت و پروبیت تحقیقاتی از ایچنگرین (۲۰۰۰)، رز ویلر (۱۹۹۶) و کامینسکای و رینهارت (۱۹۹۸) درباره بحران ارزی و همچنین تحقیقاتی از بوسایر و فراتزشر (۲۰۰۲) درباره بحران مالی موجود است و در حوزه رویکرد سیگنالی که معمولاً برای یک کشور واحدی صورت گرفته است، تحقیقاتی توسط اوغلی برای اقتصاد ترکیه سال ۲۰۰۰، پارک برای اقتصاد کره جنوبی سال ۲۰۰۲ و تامبونان برای اندونزی سال ۲۰۰۲ مطرح شده است. اکثر این تحقیقات، نمونه را به

1- Probit or Logit Analysis

دو دوره آرامش و بحران تقسیم می‌کنند و از تکنیک‌های مختلف اقتصادسنجی (اعم از تحقیقات حوادث، تحلیل پروبیت یا لاجیت و روش‌های استخراج علائم) استفاده می‌نمایند. در این مقاله سعی شده، به طور خلاصه به برخی از مهم‌ترین تحقیقات داخلی و خارجی مرتبط با پیش‌بینی بحران اشاره شود.

## ۱-۲. تحقیقات داخلی

- نادری (۱۳۸۲) در مقاله «ارائه یک سیستم هشدار پیش از موعد برای بحران‌های مالی در اقتصاد ایران با تکیه بر بحران مالی ۱۳۷۲»، سیستمی را شبیه‌سازی می‌کند که بتواند با آن بحران در سال‌های دیگر را نیز پیش‌بینی کند. در این مقاله ابتدا از روش سیگنالی، شاخص‌های مهم اثرگذار بر بحران‌های مالی و سپس با ارائه یک تابع احتمال بحران مالی از طریق لاجیت، سال‌های بحرانی در اقتصاد ایران شناسایی شده‌اند. در روش سیگنالی شاخص‌هایی که نسبت پارازیت به هشدار آنها کمتر است، شاخص‌های بهینه هستند. بنابراین نرخ واقعی ارز، نرخ رشد ذخایر بین‌المللی، نرخ رشد ارزش افزوده بخش صنایع و معادن، نسبت بدهی‌های ارزی به ذخایر بین‌المللی، نرخ تورم، نرخ رشد صادرات، نرخ رشد رابطه مبادله و بدهی‌های ارزی، برترین شاخص‌های مؤثر در بحران‌های مالی و به عنوان شاخص‌های پیشرو در روش سیگنالی انتخاب شده‌اند.
- در روش لاجیت، طبق تعریف کامینسکای از بحران، در صورتی که تابع بحران در یک سال ۱/۵ انحراف معیار بالای میانگین خود قرار گیرد، آن سال به عنوان سال بحرانی نام‌گذاری می‌شود. متغیرهای توضیحی در روش لاجیت از بین شاخص‌های پیشرو در روش سیگنالی انتخاب شده‌اند و متغیر وابسته نیز طبق الگوی لاجیت استخراج می‌شود. با توجه به شبیه‌سازی صورت‌گرفته در بین سال‌های ۱۳۳۸ تا ۱۳۷۸ از طریق الگوی لاجیت، سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۰، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۳ به عنوان سال‌های بحرانی در این روش انتخاب شده‌اند که با توجه به وضعیت اقتصاد کلان در

سال‌های مذکور تا حدودی این شاخص‌ها توانسته‌اند سال‌های بحرانی را معین کنند.

- نیلی و کنعانی (۱۳۸۴) در مقاله‌ای با عنوان «پیش‌بینی بحران‌های ارزی در اقتصادهای وابسته به منابع نفت (با استفاده از ایده الگوی KLR)»، نقش متغیرهایی چون تغییرات نرخ واقعی ارز، تغییرات حجم ذخایر ارزی، تغییرات متغیرهای پولی نسبت به ذخایر ارزی در رابطه با پیش‌بینی بحران‌های ارزی را در کنار شوک‌های نفتی در کشورهای صاحب‌نام از لحاظ منابع نفت مورد ارزیابی قرار می‌دهند. به علاوه بررسی میزان حساسیت عوامل بازار ارز بین کشورهای نفتی نسبت به متغیرهای تأثیرگذار در بروز بحران، مدل احتمالی پیش‌بینی بحران‌ها و تخمین ریسک درگیر شدن در بحران، دارای ضریب اطمینان ۴۵ درصد می‌باشد. در این مقاله آسیب‌پذیری بازار ارز ایران نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج این مقاله حاکی از این است که اگر تغییرات قیمت نفت، تغییرات ذخایر ارزی و تغییرات نسبت حجم پول به حجم ذخایر ارزی به طور همزمان اعلان هشدار نمایند، احتمال بروز بحران به ۱۰۰ درصد می‌رسد.
- شجری و محبی‌خواه (۱۳۸۹) در مقاله «پیش‌بینی بحران‌های بانکی و ترازپرداخت‌ها با استفاده از روش علامت‌دهی KLR (مطالعه موردی: ایران)» یک مدل احتمالی برای پیش‌بینی وقوع بحران‌های بانکی و ترازپرداخت‌ها در اقتصاد ایران را با استفاده از روش علامت‌دهی ارائه می‌کنند و امکان همپوشانی دو بحران (بحران دوقلو) را نیز مورد بررسی قرار می‌دهند. سیستم بانکی ایران از فصل اول سال ۱۳۸۴ تا فصل دوم سال ۱۳۸۸ به طور مداوم با بحران روبه‌رو بوده است. در دوره مورد بررسی (۱۳۶۷-۱۳۸۸)، بازار ارز ایران بر اساس شاخص فشار بازار ارز چهار وضعیت بحرانی (فصل چهارم سال ۱۳۶۷ و اوایل ۱۳۶۸، اواخر سال ۱۳۷۲ و اوایل سال ۱۳۷۳، فصل اول سال ۱۳۷۴ و بالاخره نیمه دوم سال ۱۳۷۷) را تجربه نموده که این مسأله همزمانی بروز بحران ترازپرداخت‌ها و بحران پولی را در این دوره منتفی نموده است. با توجه به نتایج برآمده از این تحقیق، دو متغیر قیمت سهام و نرخ بهره واقعی به ترتیب معتبرترین شاخص‌ها برای پیش‌بینی بحران پولی می‌باشند. همچنین قیمت سهام به

همراه نرخ ارز واقعی، مناسب‌ترین شاخص برای پیش‌بینی بحران پولی و پیش‌بینی بحران‌های دوقلو شناخته شده‌اند.

## ۲-۲. تحقیقات خارجی

- کامینسکای، لیزوندو و رینهارت<sup>۱</sup> در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی یک سیستم هشداردهنده اولیه برای پیش‌بینی بحران‌های ارزی (پولی)» شواهد تجربی بحران‌های پولی را آزمون و یک سیستم هشداردهنده اولیه برای بحران‌های پولی پیشنهاد نموده‌اند. سیستم پیشنهادی مورد نظر آنها، شامل مشاهده چندین شاخص با گرایش به آشکار ساختن رفتار غیرمعمول در دوره‌های پیش از وقوع بحران، می‌باشد. هنگامی که شاخصی از یک ارزش آستانه‌ای تجاوز نماید، این امر تحت عنوان یک «علامت» هشدار تلقی می‌شود که نشان می‌دهد یک بحران پولی در فواصل زمانی آینده (در تحقیق آنها، ۲۴ ماه آینده) اتفاق می‌افتد. متغیرهایی که در تحقیق آنها شاخص‌های پیشرو شناخته می‌شوند، عبارت‌اند از: صادرات، انحراف نرخ واقعی ارز از روند، نسبت نقدینگی به ذخایر بین‌المللی ناخالص، تولید و قیمت سهام. در ادامه جزئیات بیشتری از تحقیق آنها ارائه خواهد شد.

- بوسایر و فراتزشر<sup>۲</sup> در مقاله‌ای با عنوان «به سوی یک سیستم هشداردهنده جدید جهت شناسایی بحران مالی» که توسط بانک مرکزی اروپا منتشر شده است، کوشیده‌اند تا از طریق مدل لاجیت چندجمله‌ای یک سیستم هشداردهنده جدید برای شناسایی بحران‌های مالی ۳۲ اقتصاد نوظهور دارای اقتصاد باز از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ تبیین شود. بنابراین با توجه به مواجهه بودن با سه دوره پیش بحران، دوره سکون (دوره‌ای که در آن مبنای اقتصاد دارای ثبات می‌باشد) و دوره فرابحران یا بهبود (دوره‌ای که در آن متغیرهای اقتصادی به سمت یک فرایند تعادلی در حرکت هستند و این دقیقاً زمانی قبل از شروع سطح رشد بیشتر و ثبات اقتصاد

1- Kaminsky, Lizondo & Reinhart (1998)

2 -Bussiere,Matthieu & Fratzscher, Marcel (2002)

می‌باشد)، در هنگام پیش‌بینی، اریب فرابحران در حل مسائل پدیدار می‌شود که این اریب<sup>۱</sup> دلیل شکست مدل‌هایی مثل رویکرد سیگنالی و سایر روش‌ها می‌باشد. در مدل لاجیت چندجمله‌ای دوره پیش‌بحران را یک، دوره سکون را صفر و دوره بهبودی را دو در نظر می‌گیرند. بنابراین مزیت مدل لاجیت چندجمله‌ای این است که اجازه می‌دهد یک مدل سازی شفاف از این سه دوره وجود داشته باشد و همچنین محقق را قادر می‌سازد تا بین تأثیر نهایی 1 و 2 تمایز قائل شود. این مدل توانسته است به درستی به جز یک بحران، تمام بحران‌ها را از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ در اقتصادهای نوظهور پیش‌بینی کند. بنابراین با بررسی نتایج این دو نوع مدل، نکته قابل تأمل این است که مدل لاجیت بهترین عملکرد را دارد و در تحقیق کامینسکای در ۳۲ کشور تنها یک بحران ارزی قبل از ۱۹۹۶ موجود می‌باشد که در این مدل پیش‌بینی نشده و مدل نتوانسته در پیش‌بینی‌های خود به این بحران برسد. بنابراین این نتیجه قابل برداشت می‌باشد که مدل لاجیت دارای دقت بالاتری نسبت به رویکرد سیگنالی است.

- کبریتیچی اوغلی<sup>۲</sup> در مقاله‌ای با عنوان «یک تحلیلی از سیگنال‌های هشداردهنده اولیه بحران‌های ارزی در ترکیه از سال ۱۹۹۶-۲۰۰۴» با تکیه بر یافته‌های کامینسکای، لیزوندو و رینهارت در چارچوب رویکرد سیگنالی به تبیین سیستم هشداردهنده اولیه در جهت شناسایی بحران ارزی می‌پردازد و برای تعیین بحران ارزی از شاخص فشار بازار ارز استفاده می‌کند. بنابراین در صورتی که متغیر فشار بازار ارز هر کشور  $i$  در دوره  $t$  از میانگین به اضافه دو برابر انحراف معیار خودش بیشتر باشد، وقوع بحران بیشتر قابل مشاهده خواهد بود. در قسمت دوم کامینسکای و سایرین از شاخص‌های پیشرو استفاده می‌کنند که این شاخص‌ها مانند تجارت خارجی و نرخ ارز نسبی باعث آغاز بحران‌ها می‌باشند. برای اندازه‌گیری رویکرد سیگنالی از نسبت پارازیت به هشدار استفاده می‌کنند و برای هر شاخص یک آستانه بهینه تعیین می‌نمایند و درصد

۱- زمانی اریب وجود ندارد که هیچ فاصله‌ای بین دوره سکون و دوره بهبودی وجود نداشته باشد.  
2- Aycut Kibritcioglu (2004)



حداقل کردن نسبت پارازیت به هشدار می‌باشند. بنابراین کیریته‌چی اوغلی با ترکیب ۴۶ متغیر اقتصادی توانست ۵ دوره بحرانی اقتصاد ترکیه را در تحقیق خود در سال ۲۰۰۰ شناسایی کند که از بین این ۵ دوره بحرانی چهار تای آن مربوط به قبل از ۲۰۰۰ و یکی از آنها مربوط به ۲۰۰۱ می‌باشد و تقریباً این پیش‌بینی موفقیت‌آمیز بوده است.

- لین و سایرین<sup>۱</sup> در مقاله‌ای با عنوان «یک رویکرد جدید به مدل سیستم هشداردهنده اولیه: آیا یک سیستم منطق فازی به طور مؤثر می‌تواند بحران‌های ارزی را پیش‌بینی کند؟» در زمینه بحران ارزی تحقیق نموده‌اند. در این مقاله سعی شده ابتدا رابطه بین بحران ارزی و متغیرهای سیاستی بر مبنای یک دانش و آگاهی (موجود در شبکه فازی) تبیین شود، سپس مشکل اصلی غیرخطی بودن از بین برود و از روش‌های جایگزین استفاده شود. در پایان هدف، کشف ارتباط بین متغیرها بر پایه آزمون فرضیات بیشتر در تعیین عوامل مهم اثرگذار بر بحران ارزی می‌باشد. این محققین با مقایسه سه روش رویکرد سیگنالی، لاجیت و منطق فازی به این نتیجه رسیده‌اند که منطق فازی با وجود نقص دارای قدرت پیش‌بینی بالاتری نسبت به دو روش دیگر می‌باشد. قدرت پیش‌بینی این روش حدود ۸۶ درصد برآورد شده است.

- دیویس و دلربا<sup>۲</sup> در مقاله‌ای با عنوان «مقایسه یک سیستم هشداردهنده بانکی» سعی دارند سیستم هشداردهنده را با یک مدل لاجیت چندجمله‌ای و رویکرد سیگنالی برای بحران بانکی ارزیابی کنند. آنها با تحقیق روی ۶۰ کشور و همچنین روی کشورهای خاصی به این نتیجه رسیده‌اند که رشد تولید ناخالص حقیقی و رابطه مبادله، اثرگذارترین شاخص‌های پیش‌روی بحران بانکی می‌باشند و ترکیبی از سایر متغیرها در دوره‌ای می‌توانند شاخص‌های پیش‌رو باشند. همچنین مدل لاجیت چندجمله‌ای در پیش‌بینی یک سیستم هشداردهنده جهانی بهتر عمل می‌کند، در حالی که یک رویکرد سیگنالی برای پیش‌بینی بحران یک کشور خاص عملکرد بهتری از خود نشان داده است. بنابراین دلربا و

1- Chin-Shien lin, Haider A. Khan, Ying-Chieh Wang, Rwei-Yuan Chang (2006)

2- E. Philip Davis, Dilruba Karim (2008)

دیویس به این نتیجه می‌رسند که یک سیستم هشداردهنده بحران بانکی هرچند ضروری است ولی یک ابزار کافی برای پیش‌بینی نیست.

### ۳. روش تحقیق

در این قسمت ابتدا داده‌ها و متغیرها تشریح خواهند شد. سپس با معرفی رویکرد سیگنالی و رویکرد لاجیت، با استفاده از سیستم اقتصادسنجی یافته‌های رویکرد سیگنالی مورد آزمایش قرار می‌گیرد و روش شبکه عصبی به اختصار تشریح خواهد شد. در واقع از طریق شبکه عصبی مصنوعی متغیرهای بحران و قاعده تشخیص آن استخراج خواهد شد. این روش کمک می‌کند تا با آزمون و خطا بتوان بحران‌های مالی و شاخص‌های با اثرگذاری بیشتر را با زمان کمتری انتخاب کرد.

#### ۱-۳. داده‌ها

داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل این پژوهش برای برخی متغیرها به صورت داده‌های سری زمانی در دوره زمانی ۱۳۳۹ الی ۱۳۸۸ و برای برخی دیگر کمتر از این دوره به صورت سالیانه از بانک مرکزی و برای متغیرهای بین‌الملل از سایت مؤسسه مطالعات انرژی گردآوری شده است (جدول ۱).

#### ۲-۳. معرفی متغیرهای پژوهش

متغیرهایی که در جدول ۱ آورده شده است، منتخبی از شاخص‌های موجود در تحقیقات گذشتگان می‌باشد و تقریباً سعی شده متغیرهای اقتصادی که در ایران داده‌های آنها حداقل برای یک دوره ۱۰ ساله موجود است، مورد بررسی و آزمون قرار گیرد.

جدول ۱- داده‌های موجود شاخص‌های منتخب برای سیستم هشداردهنده اولیه در ایران

طول داده‌ها	دوره داده‌ها	منبع داده‌ها	طبقه‌بندی داده‌ها	شاخص
۴۷	۱۳۸۶-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد تولید ناخالص داخلی	تولید ناخالص داخلی
۲۶	۱۳۸۴-۱۳۵۸	بانک مرکزی	رابطه مبادله	رابطه مبادله
۳۴	۱۳۸۶-۱۳۵۲	بانک مرکزی	رشد تجارت	رشد تجارت
۴۷	۱۳۸۶-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد صادرات	صادرات
۴۷	۱۳۸۶-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد واردات	واردات
۴۸	۱۳۸۷-۱۳۳۹	بانک مرکزی	نرخ تورم	تورم
۳۴	۱۳۸۶-۱۳۵۲	بانک مرکزی	رشد نسبت بدهی دولت به تولید ناخالص داخلی	نسبت بدهی دولت به تولید ناخالص داخلی
۳۴	۱۳۸۷-۱۳۵۳	بانک مرکزی	رشد بدهی دولت به بانک مرکزی	نسبت کل بدهی به بانک‌ها
۴۶	۱۳۸۷-۱۳۴۱	بانک مرکزی	رشد بدهی دولت به سیستم بانکی	نسبت کل بدهی به بانک‌ها
۳۴	۱۳۸۷-۱۳۵۳	بانک مرکزی	رشد بدهی دولت به سیستم بانکی	نسبت کل بدهی به بانک‌ها
۳۵	۱۳۸۷-۱۳۵۲	بانک مرکزی	رشد بدهی بخش خصوصی به سیستم بانکی	نسبت کل بدهی به بانک‌ها
۴۵	۱۳۸۶-۱۳۴۱	بانک مرکزی	رشد نسبت نقدینگی به تولید ناخالص داخلی، رشد نقدینگی به دارایی خارجی	رشد نقدینگی
۴۶	۱۳۸۷-۱۳۴۱	بانک مرکزی	رشد نقدینگی به تولید ناخالص داخلی، رشد نقدینگی، رشد نقدینگی به دارایی خارجی	رشد نقدینگی
۳۴	۱۳۸۷-۱۳۵۳	بانک مرکزی	رشد نقدینگی به دارایی خارجی	رشد نقدینگی
۴۷	۱۳۸۶-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد استهلاک	استهلاک
۴۸	۱۳۸۶-۱۳۳۸	بانک مرکزی	رشد درآمد سرانه	درآمد سرانه
۳۷	۱۳۸۷-۱۳۵۰	بانک مرکزی	رشد قیمت نفت	قیمت نفت
۴۷	۱۳۸۶-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد درآمد نفت	رشد درآمد نفت

طول داده‌ها	دوره داده‌ها	منبع داده‌ها	طبقه‌بندی داده‌ها	شاخص
۱۴	۱۳۸۶-۱۳۷۲	بانک مرکزی	نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی	نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی
۴۵	۱۳۸۴-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد ذخایر	ذخایر
۳۳	۱۳۸۶-۱۳۵۳		بین‌المللی،	بین‌المللی
۳۳	۱۳۸۷-۱۳۵۴		رشد خالص	
۳۶	۱۳۸۷-۱۳۵۱		دارایی‌های خارجی، رشد دارایی‌های خارجی، نسبت دارایی‌های خارجی به دارایی بانک مرکزی	
۳۳	۱۳۸۷-۱۳۵۳	بانک مرکزی	رشد اعتبارات بخش	رشد اعتبارات
۳۴	۱۳۸۶-۱۳۵۲		خصوصی، نسبت اعتبارات بخش خصوصی به تولید ناخالص داخلی	بخش خصوصی
۳۴	۱۳۸۷-۱۳۵۳	بانک مرکزی	تغییرات نرخ بهره	نرخ بهره واقعی
۳۵	۱۳۸۷-۱۳۵۲		واقعی،	
۳۵	۱۳۸۷-۱۳۵۲		نرخ بهره واقعی، نرخ سپرده‌گذاری (یک ساله)	
۱۷	۱۳۸۸-۱۳۷۱	بانک مرکزی	رشد شاخص بازار سهام	شاخص بازار سهام
۴۸	۱۳۸۷-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد نرخ ارز رسمی،	نرخ ارز
۴۸	۱۳۸۷-۱۳۳۹		رشد نرخ ارز	
۴۸	۱۳۸۷-۱۳۳۹		غیررسمی،	
۴۸	۱۳۸۷-۱۳۳۹		انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی، تغییرات نرخ ارز رسمی و غیررسمی	

طول داده‌ها	دوره داده‌ها	منبع داده‌ها	طبقه‌بندی داده‌ها	شاخص
۲۹	۱۳۸۴-۱۳۵۵	بانک مرکزی	نرخ ارز رسمی مؤثر، تغییرات نرخ ارز مؤثر	نرخ ارز مؤثر
۴۲	۱۳۸۱-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد سرعت گردش پول	سرعت گردش پول
۳۴	۱۳۸۶-۱۳۵۲	بانک مرکزی	رشد نسبت حساب جاری به تولید ناخالص داخلی	نسبت حساب جاری به تولید ناخالص داخلی
۲۸	۱۳۷۹-۱۳۵۱	بانک مرکزی	رشد سپرده‌های بخش خصوصی	سپرده‌های بخش خصوصی
۴۵	۱۳۸۴-۱۳۳۹	بانک مرکزی	کارایی (نسبت تولید به اشتغال)	کارایی تمام بخش‌های اقتصادی
۱۲	۱۳۸۵-۱۳۷۳	بانک مرکزی	رشد خالص انرژی تولیدی	خالص انرژی تولیدی
۴۴	۱۳۸۴-۱۳۴۰	بانک مرکزی	نسبت ذخایر نقد به دارایی بانک‌ها	نسبت ذخایر نقد به دارایی بانک‌ها
۱۱	۱۳۸۸-۱۳۷۸	بانک مرکزی	نرخ نکول	نکول سیستم بانکی
۴۷	۱۳۸۶-۱۳۳۹	بانک مرکزی	رشد ارزش افزوده صنایع	ارزش افزوده صنایع
۳۹	۱۳۸۹-۱۳۵۰	مؤسسه	رشد تولیدات	شاخص‌های
۱۶	۱۳۸۹-۱۳۷۳	مطالعات	کشورهای عضو	بین‌المللی
۱۶	۱۳۸۹-۱۳۷۳	انرژی	سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، نرخ بهره کوتاه‌مدت آمریکا، نرخ تورم آمریکا	

### ۳-۳. معرفی الگو

در ساختار مدل سیستم هشداردهنده اولیه (EWS) دو روش دارای کاربرد بیشتری هستند. این روش‌ها شامل لاجیت - پروبیت و روش سیگنالی می‌باشند. روش لاجیت - پروبیت چندگانه کاربرد بیشتری دارد، در واقع این روش اجازه می‌دهد که معناداری آماری متغیرهای توضیحی بهتر مورد سنجش قرار داده شود. این نوع مدل‌ها به نمونه‌های بزرگتری نیاز دارند تا بتوانند تنها شمار محدودی از متغیرهای توضیحی را بدون همخطی برآورد کنند.

همچنین از یک سو روش سیگنالی بیشتر اوقات در مورد مدل‌های تک متغیری، (آنچه شامل مجموعه‌ای از شاخص‌های پیشرو می‌شود) کاربرد دارد. لذا این شاخص‌های منتخب که به طور تاریخی با بحران‌ها در ارتباط بوده‌اند، رفتاری متفاوت در شروع بحران تا مرز آستانه خود دارند که به طور تاریخی با بحران‌ها در ارتباط بوده‌اند. در نتیجه مدل‌های تک‌متغیره با نمونه‌های کم، قابل اعتمادتر می‌باشند و فرض می‌شود هیچ محدودیتی روی متغیرهای توضیحی وجود ندارد.

زمان ساختن یک مدل EWS تک متغیره، گام اول شناسایی بحران‌های تاریخی و سپس بررسی دلایل آن بحران‌هاست. به عنوان مثال مشکل تراز پرداخت‌ها که به بحران‌های ارزی کشورهای آمریکای لاتین در دهه ۱۹۷۰ منجر شد، به این موضوع دلالت دارد که کسری بودجه به کسری ذخایر بین‌المللی و سقوط ارزی منجر می‌شود.<sup>۱</sup> کالومیریس و گورتن<sup>۲</sup> در ارتباط با بحران‌های بانکی اشاره می‌کنند که بحران‌ها بعد از رکود اتفاق می‌افتند. شباهت اکثریت بحران‌ها این است که معمولاً وقتی رکود در یک دوره رشد شدید اعتبارات ادامه می‌یابد، نمایان می‌شوند. در این راستا سپرده‌گذاران ممکن است ارزیابی مجددی از ریسک بدهی بانک‌ها هنگام آشکار شدن رکود داشته باشند و نتیجه آن هجوم سپرده‌گذاران جهت برداشت سپرده‌های خود از مؤسسات پولی و مالی است.

در مقابل بحران نقدینگی، مونتیاو و رینهارت<sup>۳</sup> عقیده دارند که معکوس شدن جریان سرمایه به طور ناگهانی نقش مهمی در تشکیل بحران بازی می‌کند. به عنوان

1- Krugman (1979)

2- Calomiris and Gorton(1991)

3- Montiel and Reinhart (1999)

مثال در طول بحران مالی شرق آسیا، توقف ناگهانی جریان سرمایه به نوسانات نرخ بهره در کشورهای صنعتی منجر شد. به طور مشابه مک کینون و پیل<sup>۱</sup> نقش جریان سرمایه را در یک اقتصاد دارای سیستم بانکی نامنظم با مسائلی از قبیل بیمه سپرده‌ها و مخاطره اخلاقی آزمون کردند. آنها پیشنهاد دادند که جریان سرمایه تحت شرایطی می‌تواند به چرخه دیون بیش از اندازه در نتیجه مصرف بیش از اندازه و اغراق در کسری حساب‌های جاری منجر شود. علاوه بر این، رونق در بازارهای سهام و املاک و مستغلات به عنوان برخی از علائم در نظر گرفته شده، به حضور فراگیر مؤسسات مالی در ناپایداری بازار دارایی‌ها منجر می‌شود.

گام بعدی در ساختار مدل سیستم هشداردهنده انتخاب شاخص‌های پیشرو با مراجعه به علائم پرنرنگ بحران در گام اول می‌باشد. بر پایه مطالعات تجربی کامینسکای (۲۰۰۰) درباره ۲۰ کشور از سال ۱۹۷۰ الی ۱۹۹۵، ۷۶ بحران ارزی و ۲۶ بحران بانکی شناسایی شده است. در تحقیق مذکور بسیاری از علائم گروه‌بندی شده ضعف آشکاری دارند. کامینسکای عقیده دارد که محاسبات مورد نیاز برای شماری از علائم منفی به منظور تعیین کمیت وضعیت آسیب‌پذیری اقتصادی لازم می‌باشد.

نماگرهای کلان اقتصادی به سه گروه تقسیم می‌شوند: گروه اول شامل نماگرهای پیشرو می‌باشند. این نماگرها اولین شاخص‌هایی هستند که بروز تغییرات اقتصادی را نشان می‌دهند. در واقع با مشاهده تغییرات در نماگرهای پیشرو، منتظر بروز تغییرات مجموعه فعالیت‌های اقتصادی مانند عرضه پول و شاخص قیمت مواد خام صنعتی خواهیم بود. گروه دوم نماگرهای همزمان هستند. این نماگرها، شاخص‌هایی هستند که پس از بروز تغییرات در نماگرهای پیشرو، شروع به تغییر می‌کنند. نرخ بیکاری، تولیدات بخش‌ها، شاخص قیمت خرده‌فروشی و عمده‌فروشی و تولید ناخالص ملی به قیمت ثابت و جاری از این دسته‌اند. گروه سوم دربرگیرنده نماگرهای تأخیری می‌باشند. این گروه شامل شاخص‌هایی است که بروز تغییرات در آنها پس از بروز تغییر در سایر بخش‌های اقتصادی به وقوع می‌پیوندد، مانند سرمایه‌گذاری در ماشین‌آلات و تجهیزات و نیز نرخ‌های بهره بانکی. البته جداسازی دقیق این نماگرها کار دشواری است و در اکثر موارد نمی‌توان به طور قطعی علت یا

---

1- McKinnon and Pill

معلول بودن متغیری را استخراج کرد. بنابراین در ادامه روش تحقیق شاخص فشار بازار ارز، رویکرد سیگنالی و رویکرد لاجیت توضیح داده می‌شود.

### ۳-۳-۱. شاخص فشار بازار ارز

کامینسکای و سایرین در فرمول زیر که EMP متغیر فشار بازار ارز، RER میانگین وزنی تغییرات نرخ ارز مؤثر،  $r$  تغییر در نرخ بهره، RES تغییر در ذخایر ارز خارجی می‌باشد، به یک سیستم هشداردهنده اولیه بحران ارزی می‌پردازند.

$$EMP_{i,t} = \bar{S} \frac{RER_{i,t} - RER_{i,t-1}}{RER_{i,t-1}} + \bar{S}_r (r_{i,t} - r_{i,t-1}) - \bar{S}_{res} \left[ \frac{res_{i,t} - res_{i,t-1}}{res_{i,t-1}} \right]$$

$$CC_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{if } EMP_{i,t} > EMP_i + 2SD(EMP_i) \\ 0 & \text{if otherwise} \end{cases}$$

CC در معادله بالا در واقع وقوع بحران ارزی می‌باشد. در صورتی که متغیر فشار بازار ارز هر کشور  $i$  در دوره  $t$  از میانگین به اضافه دو برابر انحراف معیار خودش بیشتر باشد، وقوع بحران مشهود خواهد بود. در واقع شاخص کامینسکای به این دلیل مدل‌سازی شده است که اگر در یک اقتصاد سرمایه‌گذاران احساس کنند یک یورش ارزی (پول ملی) یا یک بحران ارزی در پیش خواهد بود، دولت‌ها دو راه‌حل خواهند داشت:

الف) امتناع از حمایت پول ملی؛ خودداری از اعمال رژیم نرخ ارز ثابت و عدم دخالت در بازار ارز، به این صورت که اجازه دهند ارزش پول ملی کاهش یابد و قیمت جدید ارز مشخص شود.

ب) حمایت از پول ملی با افزایش نرخ بهره و کاهش ذخایر ارز بین‌المللی در سطح نرخ ارز موردنظر

همچنین کامینسکای، لیزوندو و رینهارت بعد از مشخص کردن سال‌های بحران به سراغ شاخص‌های اثرگذار در بحران می‌روند و در چارچوب رویکرد سیگنالی و لاجیت به تبیین سیستم هشداردهنده اولیه در جهت شناسایی بحران ارزی



می‌پردازند که روش محاسبه و ترکیب این داده‌ها در رویکرد سیگنالی و لاجیت در ادامه آورده شده است.

### ۲-۳-۳. روش سیگنالی

مینای فلسفی روش سیگنالی این است که اقتصاد رفتار متفاوتی در دوره بحران مالی در مقایسه با دوره نسبتاً نرمال از خود بروز می‌دهد. لذا به نظر می‌رسد این رفتار نابجا دارای یک الگوی مکرر سیستماتیک باشد. برای مثال بحران‌های ارزی (پولی) به طور معمول به دنبال افزایش بیش از حد واقعی در ارز و بحران‌های بانکی در ادامه کاهش شدید در قیمت دارایی‌ها اتفاق می‌افتند.

#### جدول ۲- تعیین خطای نوع اول و دوم در رویکرد سیگنالی

	وجود بحران در محدوده ۱۲ ماه	عدم وجود بحران در محدوده ۱۲ ماه	کل مشاهدات
سیگنال‌های ارسال شده	A	B	A+B
سیگنال‌های ارسال نشده	C	D	C+D
کل مشاهدات	A+C	B+D	A+B+C+D

در جدول ۲، A و B به ترتیب نشان‌دهنده شماری از سیگنال‌های مشاهده‌شده می‌باشد، زمانی که در طول ۲۴ ماه بحران به طور واقعی اتفاق افتاده باشد یا خیر. همچنین C و D به ترتیب نشان‌دهنده شماری از زمان‌های بدون سیگنال می‌باشد، زمانی که در طول ۲۴ ماه به طور واقعی بحرانی وجود داشته باشد و یا نداشته باشد. A و D نشان‌دهنده پیش‌بینی درست ولی B و C نشان‌دهنده پیش‌بینی غلط است. بنابراین  $\mu = [B/(B+D)]/[A/(A+C)]$ ، جایی که  $B/(B+D)$  نرخ پیش‌بینی

نادرست و  $A/(A+C)$  نرخ پیش‌بینی درست می‌باشد، در حالی که بحران اتفاق افتاده باشد.  $\mu$  نسبت پارازیت به هشدار (سیگنال)<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

روش سیگنالی یک محتوای قابل تشخیص و پیش‌بینی ارائه می‌دهد، بدین صورت که با تعریف یک آستانه بهینه برای هر شاخص، گامی اولیه در جهت شناسایی شاخص‌های پیشرو برمی‌دارد. در این مسیر از نسبت پارازیت به هشدار استفاده می‌کنند و برای هر شاخص یک آستانه بهینه تعیین می‌نمایند و درصد حداقل کردن نسبت پارازیت به هشدار (سیگنال) هستند. لذا آستانه‌ای بهینه است که در آن  $\mu$  حداقل باشد. به طور معمول مقدار آستانه می‌تواند بین ۱۰ تا ۲۰ درصد<sup>۲</sup> یا بین ۱ تا ۲۰ درصد واقع شده باشد.<sup>۳</sup> البته هر کشوری می‌تواند مقدار آستانه بهینه خاص خود را داشته باشد. در این پژوهش آستانه‌ای بهینه تشخیص داده می‌شود که مقدار آن بین ۱ تا ۳۰ درصد باشد.

### ۳-۳-۳. روش لاجیت

از آنجا که متغیر وابسته یعنی بحران مالی، یک متغیر باینری از یک مقدار کیفی می‌باشد، مدل لاجیت گزینه خوبی برای برآورد آن می‌باشد.<sup>۴</sup> بنابراین  $Y_{it}=1$  بیانگر آن است که کشور  $i$  در زمان  $t$  دارای بحران می‌باشد و  $Y_{it}=0$  غیر از این است.  $P_{it}$  بیانگر وجود احتمال بحران در کشور  $i$  در زمان  $t$  می‌باشد. لذا

$$E(Y_{it}) = 1 * P_{it} + 0 * (1 - P_{it}) = P_{it}$$

که می‌توان آن را با توسعه متغیرهای توضیحی به صورت زیر نوشت:

$$P_{it} = P_r(Y_{it} = 1) = E(Y_{it} | X) = F'(S'X_{it})$$

$$Y_{it}^* = S'X_{it} + v_{it}$$

بنابراین  $Y_{it}^*$  متغیر وابسته واقعی می‌باشد که قابل مشاهده نیست و  $Y_{it}$  برداری شامل متغیرهای توضیحی،  $S'$  برداری شامل ضرایب ناشناخته و  $v_{it}$  جمله خطا می‌باشد. بنابراین تابع لگاریتم - راست‌نمایی می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

- 
- 1- Noise-to-Signal Ratio
  - 2- Kaminsky, Lizando and Reinhart, (1998)
  - 3- Goldstein, Kaminsky and Reinhart, (2000)
  - 4- Baltagi, (1995)

$$\log L \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \{P_{it} \ln[F(S'X_{it})] + (1 - P_{it}) \ln[1 - F(S'X_{it})]\}$$

در معادله بالا T تعداد دوره‌ها و N تعداد کشورها می‌باشد. پارامترها را از روش حداکثر راست‌نمایی می‌توان استخراج کرد.<sup>۱</sup>

### ۴-۳-۳. شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۲</sup> الگویی برای پردازش اطلاعات می‌باشند که با تقلید از شبکه‌های عصبی بیولوژیکی مثل مغز انسان ساخته شده است. عنصر کلیدی این الگو ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات آن می‌باشد و از تعداد زیادی عناصر (نرون) با ارتباطات قوی داخلی که هماهنگ با هم برای حل مسائل مخصوص کار می‌کنند، تشکیل شده‌اند. شبکه‌های عصبی مصنوعی با پردازش روی داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کند که به این عمل یادگیری می‌گویند.

در این مقاله داده‌ها و سال‌های بحرانی استخراج‌شده از روش سیگنالی و لاجیت را به شبکه عصبی آموزش داده و شبکه بعد از یادگیری روند داده‌ها و سال‌های بحرانی، تخمین خود را با داده‌های واقعی مقایسه می‌کند. در صورتی که خطای بین تخمین شبکه عصبی با داده‌های واقعی کوچک باشد، می‌توان فهمید که وقوع بحران به صورت یک عمل سیستماتیک است و همچنین آن را قبل از وقوع می‌توان استخراج نمود. در صورتی که خطای بین داده‌های واقعی و آموزشی کوچک باشد، شبکه عصبی می‌تواند با یک درصد خطا روند آینده داده‌ها را مشخص نماید.

## ۴. نتایج

### ۴-۱. واکاوی، بررسی و رسم نمودار تمامی متغیرهای تأثیرگذار در

#### بحران

در این مرحله تمامی متغیرهایی را که در جدول ۱ معرفی شده‌اند، رسم نموده و سال‌هایی که داده‌های مربوط به آنها بیش از ۱/۵ انحراف معیار از میانگین خود

1- Gujarati, (2003)

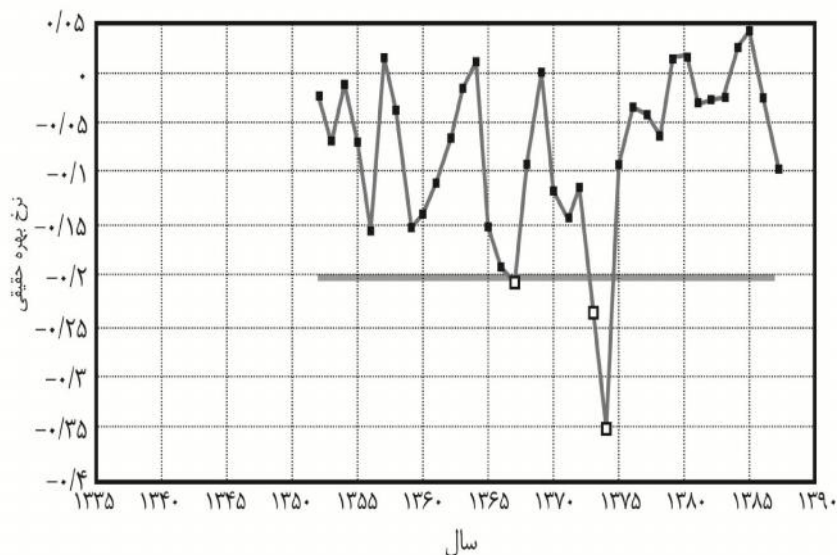
2- Artificial Neural Network

باشند، به عنوان سال بحرانی آن شاخص انتخاب خواهد شد. دلیل انتخاب ۱/۵ انحراف معیار طبق تحقیقات کامینسکای می باشد که برای گروهی از کشورها عدد ۲ و برای یک کشور عدد ۱/۵ را انتخاب می کند. البته این عدد (ضریب انحراف معیار) در تحقیقات مختلف متفاوت است و بستگی به نوع تحقیق و نوع کشور از لحاظ میزان ریسک و احتمال وقوع بحران دارد. در کشور ما به دلیل اقتصاد دولتی و درآمدهای نفتی احتمالی وقوع بحران کمتر از کشورهای دارای اقتصاد آزاد می باشد. لذا عدد کمتر از ۱/۵ را هم می توان به عنوان ضریب انحراف معیار به کار برد. جهت داده ها (بالا یا پایین) در نمودار ۱ مشخص شده است. در صورتی که جهت آستانه، پایین باشد یعنی باید متغیر مورد نظر بیش از ۱/۵ انحراف معیار از میانگین خود کمتر باشد. نحوه انتخاب متغیرها و همچنین داده های مربوط به آنها در جدول ۱ توضیح داده شده است.

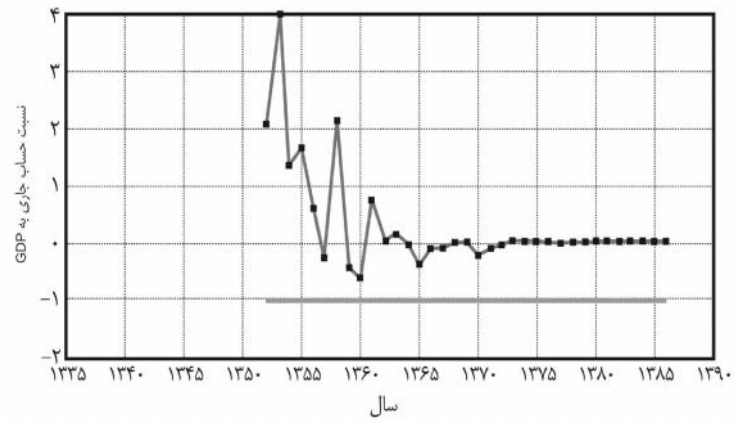
نمودار ۱- متغیرهای منتخب و تعیین آستانه بهینه آنها و سال های بحرانی هر

کدام از متغیرها

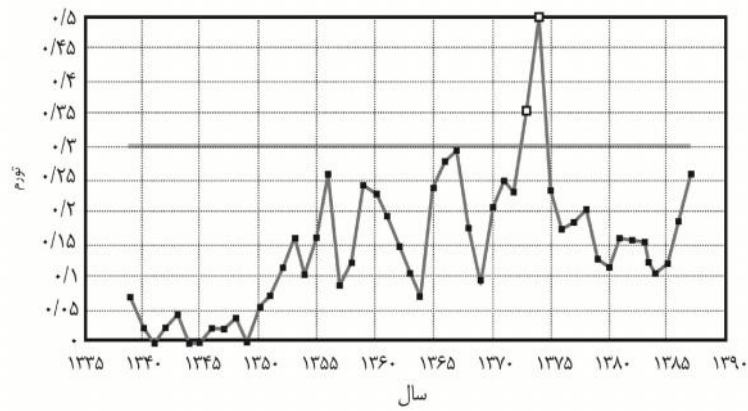
نرخ بهره حقیقی



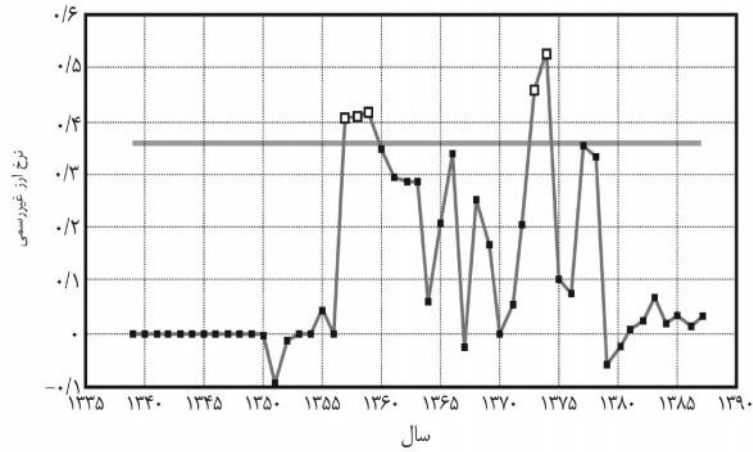
نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی



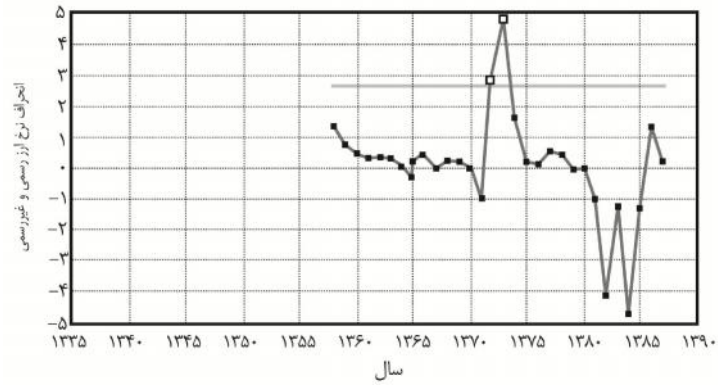
تورم



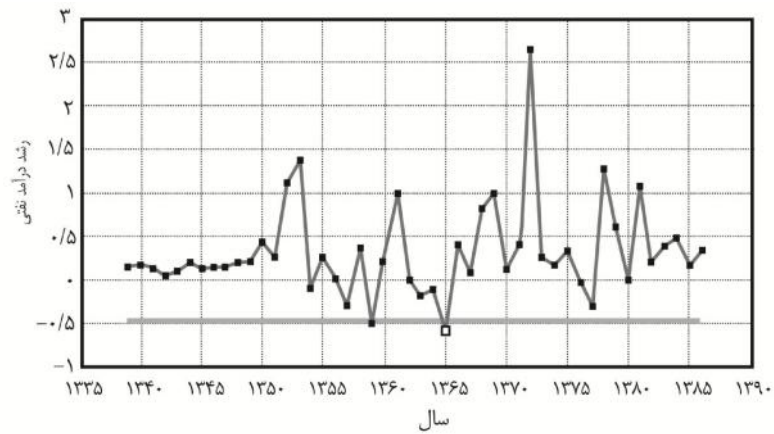
نرخ ارز غیررسمی



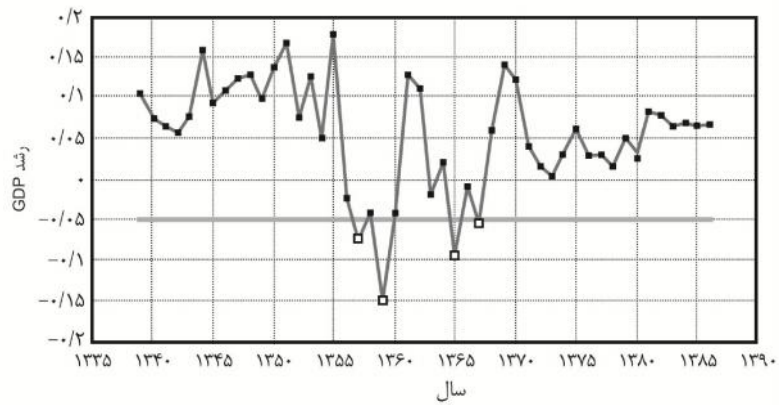
انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی



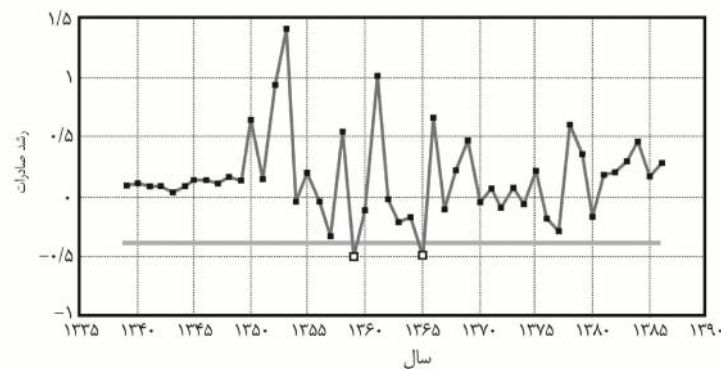
رشد درآمد نفتی



رشد تولید ناخالص داخلی



رشد صادرات



#### ۲-۴. ترکیب متغیرها و استخراج شاخص فشار بازار

در واقع طبق مدل کامینسکای متغیرهای مورد نظر با یک وزن با دیگر متغیرها ترکیب می‌شوند. جمع یا تفریق متغیرها به جهت آستانه‌ای آنها که در نمودار ۱ مشخص شد، بستگی دارد، به این نحو که اگر جهت آستانه بالا باشد، علامت جمع و در غیر این صورت بر عکس می‌باشد.

از آنجا که هر متغیر یک ضریب اهمیتی برای خود در اقتصاد کلان دارد، به هر متغیر در این ترکیب وزنی داده می‌شود که این وزن یک دقت نسبی به هر متغیر می‌دهد، به طوری که هر چه یک متغیر دارای وزن بزرگتری باشد، نوسان و فراریت کمتری خواهد داشت. در این پژوهش وزن هر متغیر مساوی با عکس واریانس آن متغیر است.

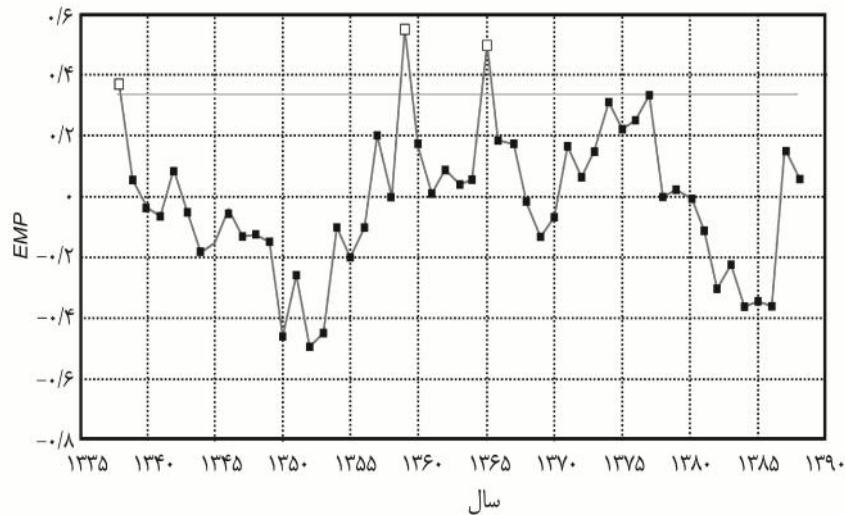
لذا در ساختن مدل مورد نظر کامینسکای در مورد کشورهای هم‌چون ایران به دلیل دولتی بودن اقتصاد و کنترل شدن متغیرها و نیز وسیع‌تر بودن این پژوهش (مدل کامینسکای صرفاً جهت تعیین بحران ارزی می‌باشد) با کاستی‌هایی همراه است. بنابراین در این پژوهش مدل شاخص فشار بازار از دو طریق به شرح زیر برآورد می‌گردد.

## ۴-۲-۱. ترکیب تمامی متغیرها

یکی از برآوردهای متعدد صورت گرفته در این پژوهش شاخص فشار بازار است که از ترکیب تمام متغیرهای به کار رفته در این آزمون (قریب به ۶۰ متغیر) می باشد، این شاخص نتایج بهتری را برآورد نموده است (نمودار ۲ و ۳).

## نمودار ۲- شاخص فشار بازار ارز

$$EMP > \mu + 1/500000 * \sigma$$



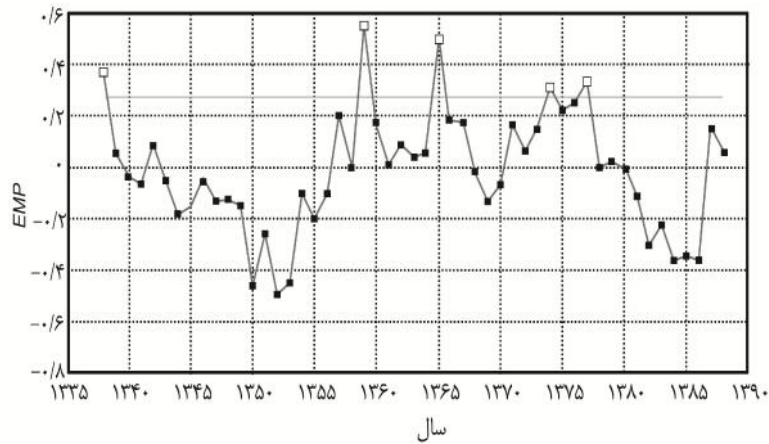
منبع: یافته‌های تحقیق

در صورتی که با ترکیب تمامی متغیرها مانند مدل کامینسکای شاخص فشار بازار (EMP)، بزرگتر از ۱/۵ انحراف معیار به علاوه میانگین باشد، سال مربوط به آن داده مؤید سال بحرانی است. عدد ۱/۵ به عنوان ضریب انحراف معیار در قسمت ۴-۱ توضیح داده شد. لذا در صورتی که این عدد را به ۱/۲۵ تغییر دهیم، نتایج کمی بهتر خواهد شد.



## نمودار ۳- شاخص فشار بازار

$$EMP > \mu + 1/250000 * \sigma$$



منبع: یافته‌های تحقیق

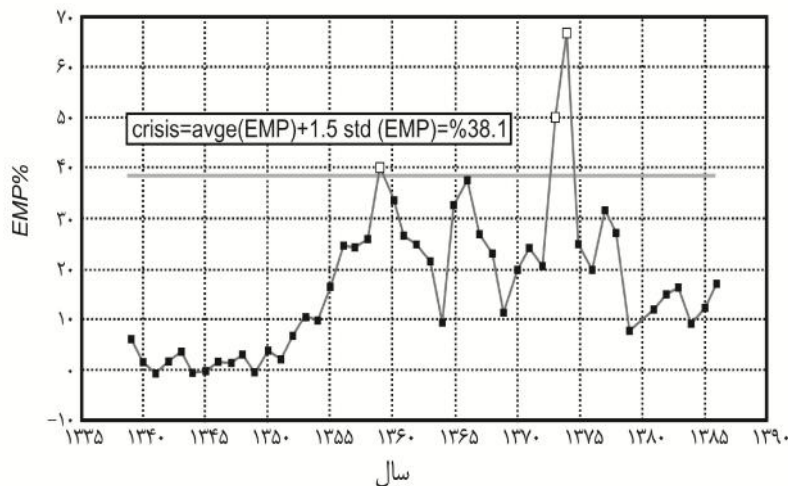
## ۲-۲-۴. ترکیب شاخص‌های منتخب

از آنجا که ترکیب تمام این متغیرها (۶۰ متغیر مذکور) و وزن‌دهی به هر کدام نمی‌تواند کاربرد چندانی داشته باشد و تقریباً کار دشوار و طاقت فرسایی است، یک مدل تقریباً ساده‌تر نیز برآورد شده که ترکیب موزونی از تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره حقیقی، انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی و تورم به شکل زیر می‌باشد:

$$EMP_{i,t} = \beta_{gdp} \left[ \frac{gdp_{i,t} - gdp_{i,t-1}}{gdp_{i,t-1}} \right] + \beta_r (r_{i,t} - r_{i,t-1}) + \beta_p (p_{i,t} - p_{i,t-1}) + \beta_{rer} \left[ \frac{rer_{i,t} - rer_{i,t-1}}{rer_{i,t-1}} \right]$$

در اینجا از شاخص‌های پیشرو استفاده می‌شود. البته برخی از شاخص‌ها مثل نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی و شاخص بورس به دلیل کمبود داده مورد استفاده قرار نگرفته‌اند.

## نمودار ۴- شاخص فشار بازار با ترکیب شاخص‌های منتخب



منبع: یافته‌های تحقیق

## ۳-۴. تعیین مقادیر مربوط به خطای نوع اول و دوم

در این قسمت بحران‌های استخراج‌شده هر شاخص و بحرانی که از متغیر فشار بازار ارز به دست آمده، مورد سنجش قرار می‌گیرد. در صورتی که بحران و یا غیربحران مشخص شده در متغیر فشار بازار ارز، در متغیر مورد نظر هم اتفاق افتاده باشد، پیش‌بینی به درستی عمل کرده است. همچنین اگر بحران اتفاق افتاده باشد و شاخص سیگنالی منتشر نکرده باشد، خطای نوع اول صورت گرفته است و اگر بحران اتفاق نیفتاده باشد ولی متغیر مورد نظر سیگنال داده باشد، خطای نوع دوم صورت گرفته است. هزینه خطای نوع دوم به مراتب کمتر از خطای نوع اول می‌باشد. البته این امر در تصمیم‌گیری این پژوهش نیز دخالت داشته است.

#### ۴-۴. تعریف یک آستانه بهینه‌ای (~) که در آن نسبت پارازیت به هشدار حداقل شده باشد.

آستانه‌ای بهینه است که در آن نسبت سیگنال غلط به سیگنال درست حداقل کمتر از یک باشد. در این پژوهش آستانه بهینه انتخاب شده است که این نسبت کمتر از

۳۰ درصد باشد.

$$\sim = \frac{B * (A + C)}{A * (B + D)}$$

البته جدول ۳ گویای مطالب بیشتری است.

#### ۵-۴. انتخاب متغیرهایی که در آنها نسبت هشدار به پارازیت کمتر از ۳۰ درصد باشد.

همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، متغیرهایی چون رشد تولید ناخالص داخلی، تورم، نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، نرخ بهره حقیقی، شاخص بورس، تغییرات نرخ ارز مؤثر حقیقی، انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی، نرخ ارز مؤثر حقیقی، نرخ ارز غیررسمی، نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی و همچنین رشد بدهی بخش خصوصی به بانک‌ها، رشد صادرات و استهلاک می‌توانند به عنوان شاخص‌های منتخب در این مرحله قرار گیرند.

#### ۶-۴. تعیین مقدار تفاوت بحران شرطی (احتمال رخ دادن بحران به شرط انتشار سیگنال) از بحران غیرشرطی (احتمال رخ دادن بحران چه سیگنال منتشر شده باشد، چه نشده باشد)

$$P(\text{Crisis Signal}) - P(\text{Crisis}) = \frac{A}{(A+B)} - \frac{(A+C)}{(A+B+C+D)}$$

در این مرحله متغیرهایی انتخاب می‌شوند که مقدار تفاوت احتمال بحران شرطی آنها حداقل ۲۰ درصد باشد. رشد تولید ناخالص داخلی، رابطه مبادله، رشد صادرات، تورم، استهلاک، رشد درآمدهای نفتی، نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، رشد اعتبارات بخش خصوصی، نرخ بهره حقیقی، شاخص بورس، تغییرات نرخ ارز مؤثر حقیقی، انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی، نرخ ارز مؤثر حقیقی، نرخ ارز غیررسمی، نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی همچنین رشد بدهی بخش خصوصی به بانک‌ها، متغیرهای منتخب این مرحله می‌باشند.

#### ۷-۴. انتخاب شاخص‌های هشدار ( شاخصی که آستانه بهینه آن کمتر از ۳۰ درصد و تفاوت بحران شرطی و غیرشرطی آن بیش از ۲۰ درصد باشد)

رشد تولید ناخالص داخلی، تورم، نرخ بهره حقیقی، نرخ ارز غیررسمی، انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی، نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، شاخص بورس، نرخ ارز مؤثر حقیقی، نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی از جمله شاخص‌های منتخب در این روش هستند. تمامی شاخص‌ها در جدول ۳ توانسته‌اند اکثریت بحران‌ها را صحیح پیش‌بینی کنند.

رشد تولید ناخالص داخلی علاوه بر اینکه در زمان بحران دچار نوسانات منفی می‌شود، در دوره بحرانی رشد اقتصاد نیز منفی است و روند رشد این شاخص و همچنین ادامه‌دار بودن آن می‌تواند به بروز بحران در برخی از بخش‌های اقتصادی منجر شود.

تورم و نرخ بهره حقیقی در اقتصاد ایران با وجود تقریباً ثابت بودن نرخ بهره اسمی در جهت عکس یکدیگر در حرکت هستند. تورم‌های لجام‌گسیخته و دو رقمی نشانگر ذهنیت و انتظارات بد کارگزاران اقتصادی از آینده اقتصاد است. در تورم‌های بالا ارزش پول ملی سقوط می‌کند و در صورتی که نرخ بهره اسمی رشد نکند و یا حداقل به اندازه تورم رشد نکند، نرخ بهره حقیقی منفی شده و کارگزاران اقتصادی غرق در بورس‌بازی در بخش‌های مختلف اقتصاد خواهند شد و نتیجه آن بی‌ثباتی کل فضای جامعه خواهد بود.

نرخ ارز در صورتی که فعالان اقتصادی انتظار کاهش ذخایر بین‌المللی یک کشور را داشته باشند، به شدت دچار نوسان خواهد شد. در ایران ذخایر بین‌المللی تابعی از درآمدهای نفتی و یا به عبارت دیگر تابع قیمت می‌باشند، لذا در صورتی که نرخ ارز مثل رژیم ارزی ایران مدیریت شده باشد، نرخ ارز رسمی و غیررسمی به شدت از هم فاصله می‌گیرند. از این رو انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی نیز به عنوان یک شاخص پیشرو به کار می‌رود. لذا نرخ ارز نیز می‌تواند هم بعد از بی‌ثباتی اقتصاد دچار نوسانات شدید گردد و هم خود عامل بحران ارزی شود.

نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی نیز در صورتی که کشور به شدت جهت فائق آمدن به مشکلات خود نیاز به قرض از کشورهای دیگر داشته باشد و در

سررسید این بدهی‌ها، ذخایر بین‌المللی (دارایی خارجی) نداشته باشد، فشار روی نرخ ارز ایجاد شده و به شدت ارزش پول ملی سقوط خواهد کرد.

شاخص بورس در واقع نشان‌دهنده امید و بیم سرمایه‌گذاران به آینده اقتصاد است. در واقع روند آینده اقتصاد هر کشور را از روی شاخص بورس آن می‌توان پیش‌بینی کرد. در صورتی که شاخص بورس یک کشور سقوط کند، نشان‌دهنده وقوع یک بحران اقتصادی در آن کشور خواهد بود. البته روند این شاخص در صورت نزولی بودن می‌تواند گویای احتمال وقوع بحران در آینده باشد.

نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی در زمان یک شوک منفی، نشان‌دهنده این است که خالص صادرات کاهش یافته و ذخایر بین‌المللی کشور دچار نوسان شده است و این امر می‌تواند به معنی شروع یک بحران ارزی باشد.

جدول ۳- انتخاب شاخص های هشدار

شاخص های مشخص	تفاوت اجمالی اهرام و غیر شرطی و غیر شرطی (درصد)	آستانه تعیین (درصد)	پیش بینی (درصد)		مهم ارسال هشدار (D)		غیر مهم ارسال هشدار (B)		مهم ارسال هشدار (C)		مهم ارسال هشدار (A)		جهت آستانه برای تعیین اهرام	معتبر
			مجموع	فقط	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		
*	۳۳	۲۳	۷۸	۷۲	۸۷	۲۱	۱۳	۵	۴۲	۵	۵۸	۷	یاغی	رشد تولید داخلی، داخلی
	۱۹	۴۵	۲۵	۶۴	۷۵	۱۲	۲۵	۴	۴۵	۵	۵۵	۶	یاغی	واپس ماندن
	۲۵	۳۳	۲۸	۷۲	۷۸	۲۸	۲۲	۸	۳۴	۴	۶۶	۸	یاغی	رشد صادرات
*	۴۴	۱۴	۱۷	۸۳	۸۹	۲۲	۱۱	۴	۲۴	۳	۷۶	۱۰	یالا	کوم
	۳	۸۶	۴۸	۵۲	۷۴	۲۵	۲۶	۹	۶۹	۹	۳۱	۴	یالا	رشد بهره، دولت به بانکها
	۱۳	۵۲	۴۶	۵۳	۹۱	۲۱	۹	۳	۸۴	۱۰	۱۶	۲	یالا	تسلیت رشد نقدینگی، به تولید داخلی، داخلی
	۲۶	۳۳	۲۵	۷۵	۷۴	۲۳	۲۶	۸	۲۳	۳	۷۷	۱۰	یالا	استیلا
	۲۰	۴۰	۲۸	۶۲	۸۳	۲۰	۱۷	۶	۵۸	۷	۴۲	۵	یاغی	رشد درآمد نفت
*	۴۱	۱۶	۲۵	۷۵	۹۰	۹	۱۰	۱	۴۰	۲	۶۰	۳	یالا	تسلیت بهره، خارجی به داخلی، خارجی
	۲۴	۳۷	۳۱	۶۹	۷۷	۱۷	۲۳	۵	۲۸	۵	۶۲	۸	یاغی	رشد اعتبارات داخلی، خصوصی
*	۵۲	۷	۲۲	۷۸	۹۶	۲۲	۴	۱	۳۸	۵	۶۲	۸	یاغی	رشد بهره حقوقی
*	۲۷	۳۱	۲۱	۷۹	۷۳	۸	۲۷	۳	۱۴	۱	۸۶	۶	یاغی	تسلیت بهره، بیرونی
*	۴۳	۱۳	۳۲	۶۴	۹۴	۱۷	۶	۱	۵۸	۷	۴۲	۵	یالا	تسلیت اهرام از دولت
*	۲۵	۲۲	۴۰	۶۰	۹۴	۱۷	۶	۱	۷۵	۹	۲۵	۳	یالا	تسلیت اهرام از دولت حقوقی
*	۲۹	۲۹	۴۰	۶۰	۹۲	۲۳	۸	۳	۷۲	۱۰	۲۹	۴	یالا	انحراف نرخ ارز رسمی، غیر رسمی
*	۲۶	۳۱	۲۹	۷۱	۸۱	۲۹	۱۹	۷	۲۸	۵	۶۲	۸	یالا	رشد بهره، خارجی، به بانکها
	۲۶	۳۳	۳۲	۶۸	۸۲	۱۸	۱۸	۴	۴۶	۵	۵۴	۷	یالا	رشد بهره، داخلی، خصوصی، به بانکها
	۱۸	۴۷	۴۰	۶۰	۸۲	۱۸	۱۸	۴	۶۱	۸	۲۹	۳	یالا	رشد تسلیت نقدینگی، به داخلی، خارجی
	۲	۹۰	۴۰	۶۰	۷۷	۲۴	۲۳	۷	۷۵	۹	۲۵	۳	یاغی	رشد تسلیت اهرام از دولت
*	۴۵	۱۳	۲۵	۶۵	۹۶	۲۲	۴	۱	۶۷	۸	۳۳	۴	یاغی	تسلیت حسابهای جاری، به تولید داخلی، داخلی
	۸	۷۰	۴۴	۵۶	۷۱	۱۲	۲۹	۵	۵۸	۷	۴۲	۵	یاغی	رشد درآمد مالی، غیر رسمی

منبع: یافته های تحقیق

#### ۸-۴. تخمین شاخص‌های هشدار از طریق مدل لاجیت جهت تعیین

##### قدرت پیش‌بینی شاخص‌های منتخب

در تعیین متغیرهای مؤثر یک ضریب اهمیت بین صفر الی ۴ در نظر گرفته می‌شود، بدین‌صورت که برای بااهمیت‌ترین متغیرها عدد ۴ و برای کم‌اهمیت‌ترین متغیرها عدد صفر در نظر گرفته می‌شود، البته در متغیرهای این پژوهش به هیچ متغیری عدد صفر داده نشده است.

در این مرحله با برآوردها و تخمین‌های زیادی مواجه بودیم، در واقع نزدیک به ۲۰۰ نوع تخمین با متغیرهای مختلف انجام شده است. لذا به دلیل محدودیت در تعداد متغیرهای مورد استفاده در مدل لاجیت با انجام آزمون‌های متعدد، گروهی از متغیرهای دارای بهترین برآورد انتخاب می‌شوند. لذا بعد از بررسی، مانایی آنها در مدل لاجیت تحت آزمون قرار می‌گیرند.

#### ۹-۴. نتایج برآورد الگو از طریق مدل لاجیت

در این بخش متغیرهایی که در مبحث سیگنالی به عنوان شاخص‌های پیشرو انتخاب شده بودند، جهت عملیات تخمین مدل لاجیت مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا ابتدا مانایی آنها سنجیده و سپس در مدل لاجیت تخمین زده می‌شوند. به دلیل محدودیت داده و محدودیت استفاده متغیرها در مدل، با تخمین‌های فراوانی که انجام شد، متغیرهایی همچون رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره حقیقی و انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی و تورم بهترین جواب را برای این پژوهش ارائه دادند، در نتیجه از بقیه گروه‌های استفاده‌شده در تخمین چشم‌پوشی می‌شود.

#### ۱-۹-۴. بررسی مانایی شاخص‌های منتخب

نتایج حاصل از آزمون دیکی - فولر برای بررسی مانایی متغیرها در جدول ۴ آورده شده است. بر طبق نتایج این آزمون، تمامی متغیرها بدون تفاضل مانا شده‌اند. طبق مباحث اقتصادسنجی مربوط به الگوهای همجمعی، چون همه متغیرها مانا می‌باشند، لذا در تخمین الگو و تفسیرهای آن مشکلی ایجاد نخواهند کرد.

## جدول ۴- بررسی مانایی متغیرهای منتخب

متغیر مستقل	نام اختصاری	آماره t	احتمال
رشد تولید ناخالص داخلی	G	-۳/۸۶	۰/۰۰۴
تورم	P	-۲/۶	۰/۰۸۱
نرخ بهره حقیقی	I	-۳/۳۶	۰/۰۱۹
انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی	SEXC	-۳/۰۷	۰/۰۰۴

## ۴-۹-۲. بررسی همبستگی بین متغیرهای منتخب

در جدول ۵ همبستگی بین متغیرها برآورد و نتایج خوب و مورد انتظاری مشاهده شده است. تمامی روابط بین متغیرها طبق انتظارات و مطابق با نظریه‌های مطرح اقتصاد کلان می‌باشند. به عنوان مثال رابطه رشد تولید ناخالص داخلی با تورم و انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی منفی و با نرخ بهره حقیقی مثبت است و یا نرخ بهره حقیقی با تورم ارتباط منفی دارند. البته هدف از ذکر این مبحث، سالم‌بودن داده‌ها و عمومیت داشتن انتظارات اقتصاد کلان می‌باشد.

## جدول ۵- همبستگی بین متغیرها

متغیر مستقل	نرخ بهره حقیقی	انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی	تورم	رشد تولید ناخالص داخلی
رشد تولید ناخالص داخلی	۰/۰۹	-۰/۲۴	-۰/۲۵	۱
تورم	-۰/۴۶	۰/۴۴	۱	-۰/۲۵
انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی	-۰/۲۴	۱	۰/۴۴	-۰/۲۴
نرخ بهره حقیقی	۱	-۰/۲۴	-۰/۴۶	۰/۰۹



## ۳-۹-۴. تخمین لاجیت

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، به دلیل محدودیت در داده‌های متغیرها و همچنین محدودیت در خود مدل جهت برآورد متغیرها، در این بخش خلاصه‌ای از بهترین نتیجه مورد تخمین آورده شده است. بنابراین با استناد به آماره نسبت درست‌نمایی، مدل در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار بوده و آماره  $R^2$  مک فادن که شبیه به  $R^2$  رگرسیون‌های معمولی عمل می‌کند، نشان‌دهنده برازش نسبتاً خوبی از مدل می‌باشد. با توجه به آماره  $Z$  به دست آمده از مدل لاجیت بجز تورم بقیه متغیرها تقریباً در سطح ۹۰ درصد معنادار شده‌اند.

نحوه تأثیر متغیرها بر تابع بحران به ضرایب آنها بستگی دارد. اگر علامت ضریب منفی باشد، نشان‌دهنده این است که کاهش متغیر مورد نظر به بحران منجر خواهد شد و برعکس. لذا در مدل‌های واکنش کیفی از جمله مدل ارائه شده در بخش سوم در مورد لاجیت، تأثیر متغیرها روی متغیر وابسته از طریق آثار نهایی آنها تفسیر می‌شود. به عنوان مثال اثر نهایی متغیر  $(x)$  از بردار  $x$  روی احتمال وقوع بحران به صورت زیر ارزیابی می‌شود:

$$\frac{\partial \text{prob}(\text{crisis} = 1) | x, S}{\partial x} = g(0) \cdot Sx$$

با توجه به غیرمنفی بودن تابع چگالی، آثار نهایی متغیر  $(x)$  بر احتمال بحران، به علامت ضریب  $S_x$  بستگی خواهد داشت. اگر علامت  $S_x$  منفی باشد، آن متغیر تأثیر نهایی منفی روی بحران خواهد داشت و برعکس.

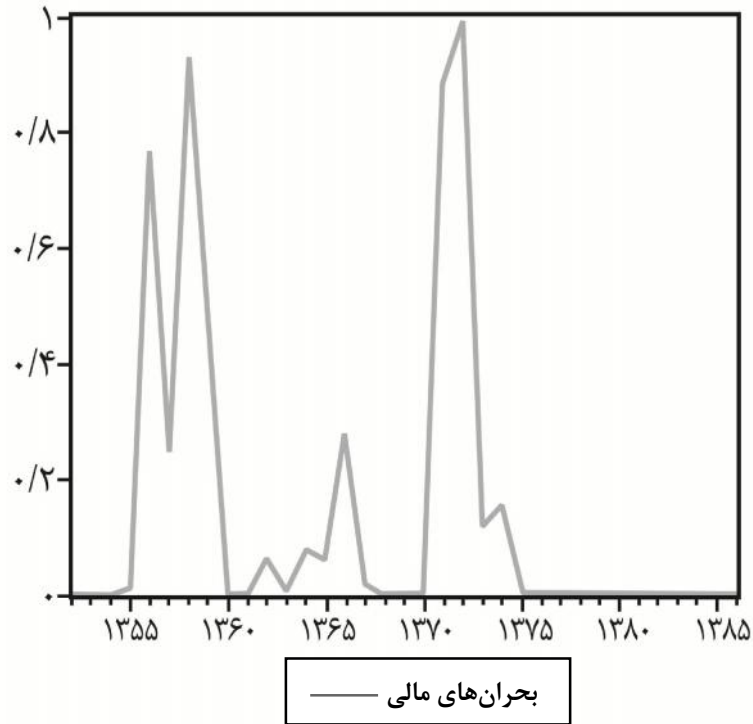
بنابراین در جدول ۶ نتایج حاصل از رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره حقیقی و انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی مورد انتظار بوده است. یعنی با کاهش رشد تولید و نرخ بهره حقیقی و افزایش انحراف نرخ ارز بحران مالی اتفاق افتاده است. در این بین نتیجه حاصل از نرخ تورم مورد انتظار نبوده و در واقع خلاف انتظارات برآورد شده، در واقع با کاهش تورم بحران مالی اتفاق افتاده است که با توجه به عدم معناداری آماره  $Z$  حاصل از این برآورد، نمی‌توان این چنین نتیجه‌گیری را انجام داد.

## جدول ۶- نتایج برآورد تابع بحران مالی در ایران

متغیر وابسته	متغیر مستقل	نام اختصاری	ضریب	آماره z	احتمال
بحران مالی	ثابت	C	-۴/۶۸	-۱/۴۸	۰/۱۳۶۶
	رشد تولید ناخالص داخلی	G	-۴۵/۳۷	-۱/۸۱	۰/۰۶۹۶
	تورم	P	-۹/۶۹۴	-۰/۹۹۴	۰/۳۱۹۹
	نرخ بهره حقیقی	I	-۲۱/۵۶	-۱/۵۸	۰/۱۱۳۵
	انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی	SEXC	۲/۳۰۸	۱/۷۴۶	۰/۰۸۷
$R^2$ مک فادن: ۰/۶۶					
تعداد مشاهدات ۳۵ از سال ۱۳۵۲-۱۳۸۶					
آماره نسبت درست‌نمایی مدل: ۱۹					
سطح معناداری نسبت درست‌نمایی مدل: ۰/۰۰۰۷					

نمودار ۵ جهت آزمودن خوبی برازش مدل توسط مدل لاجیت شبیه‌سازی شده است که مشخصات آن گویای خوبی برازش مدل و قدرت پیش‌بینی آن می‌باشد.

## نمودار ۵- ارزیابی خوبی برازش مدل بحران مالی



پیش‌بینی بحران

بحران واقعی

نمونه قابل پیش‌بینی: (۱۳۸۷-۱۳۳۸)

نمونه تعدیل‌شده جهت پیش‌بینی: (۱۳۸۶-۱۳۵۲)

مشاهدات مشمول: ۳۵

خطای مربع میانگین ریشه: ۰/۱۹

خطای مطلق میانگین: ۰/۰۷

خطای پیش‌بینی مطلق میانگین: ۳/۹۰

ضریب نابرابری تیل: ۰/۲۷

نسبت تورش: ۰/۰۰۰۰

نسبت واریانس: ۰/۱۱

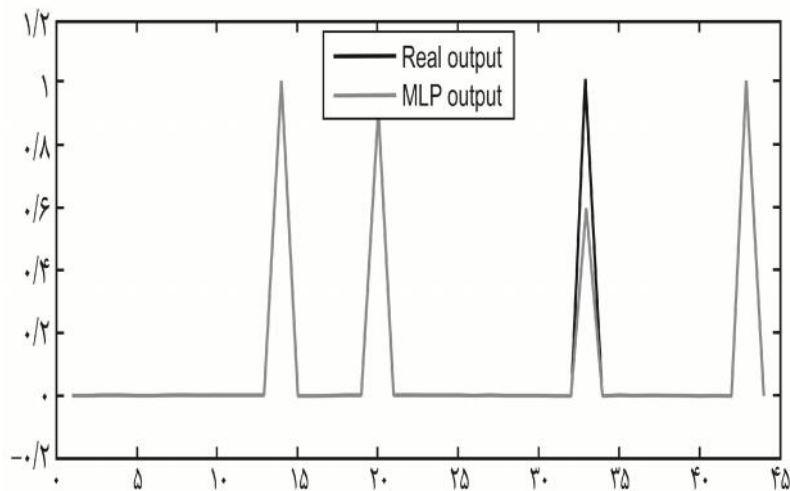
نسبت کواریانس: ۰/۸۸

#### ۴-۱۰. نتایج حاصل از شبکه عصبی

نتایج حاصل از شبکه عصبی نشان‌دهنده این است که متغیرهای مورد استفاده در مدل لاجیت یعنی تولید ناخالص داخلی، تورم، نرخ بهره حقیقی و انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی شاخص‌های قابل اطمینان جهت هشدار قبل از بحران مالی می‌باشند. لذا خروجی‌های حاصل از نرم‌افزار متلب<sup>۱</sup> به اختصار به شرح زیر می‌باشند.

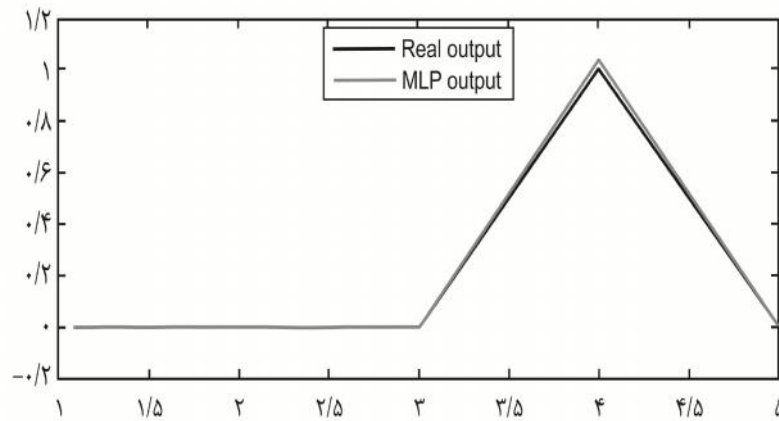
در نمودارهای ۶ و ۷ در خروجی شبکه و خروجی‌های واقعی آموزش بر روی هم رسم می‌شوند:

نمودار ۶- خروجی واقعی و آموزشی از نرم‌افزار متلب



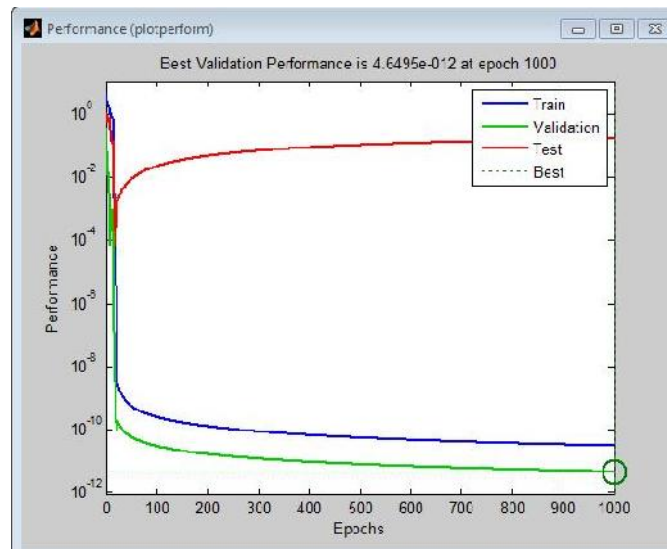
در نمودار ۶ خروجی شبکه و خروجی‌های واقعی آموزش، روی هم رسم می‌شوند. این خروجی بیشتر از خروجی‌های آموزش اهمیت دارد، چون شبکه این داده‌ها را قبلاً ندیده است و جوابی که برای این داده‌ها می‌دهد، نشانگر کیفیت واقعی پاسخ‌دهی شبکه عصبی است.

## نمودار ۷- مقایسه داده‌های پیش‌بینی شده با واقعی



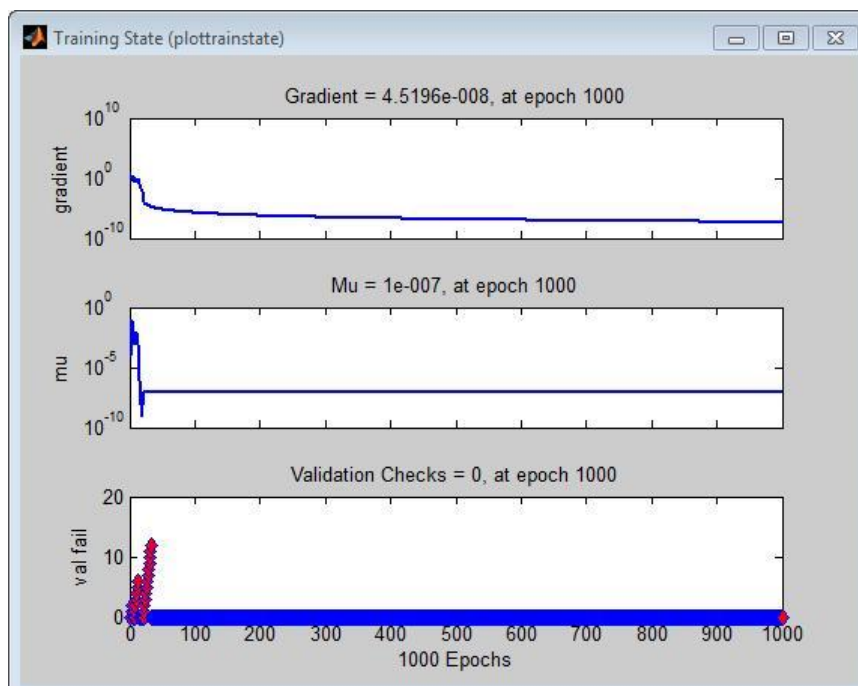
نمودار ۸ نحوه کاهش خطا در حین آموزش شبکه عصبی را نشان می‌دهد. نمودارها برای ما مهم هستند، چون مستقیماً در نحوه آموزش اثر دارند. به خصوص نمودار بالاتری که مربوط به داده‌های صحیح<sup>۱</sup> در هر آموزش هستند.

## نمودار ۸- نحوه کاهش خطا در حین آموزش شبکه



نمودار ۹ که فقط جنبه نمایشی نحوه آموزش و تغییر پارامترها را دارد، نمودار آموزشی<sup>۱</sup> است. در این نمودار پارامترهایی مثل گام آموزش، گرادینان خطا و همچنین عدم اعتبار<sup>۲</sup> دیده می‌شود، این ۳ مقدار بر ایستادن فرایند آموزش مستقیماً اثرگذارند. نحوه تغییر دینامیک آنها توسط خود نرم‌افزار متلب انجام شده است. به طور مثال در آموزشی که در نمودار ۹ دیده می‌شود، آموزش‌های انجام شده در تکرارهای<sup>۳</sup> حدود ۲۰ تا ۳۰ مدتی رو به وخامت گذاشته و سپس دوباره بهبود یافته‌اند و تا ۱۰۰۰ تکرار بدون مشکل می‌باشند و در نهایت جواب مناسبی به دست آمده است.

### نمودار ۹- نحوه تکرار داده‌ها در حین آموزش

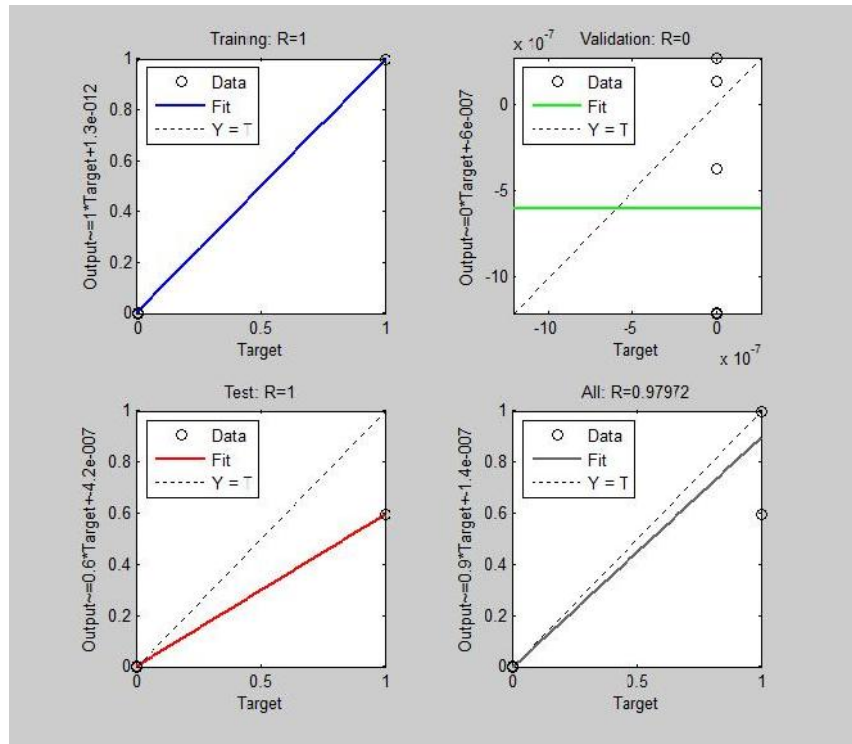


نمودار ۱۰ رگرسیون و ضریب رگرسیون می‌باشد. معیار R یا  $R^2$  از معیارهای مهم نحوه پاسخ‌دهی و مدل‌سازی در انواع روش‌های مدل‌سازی است. مقدار مطلوب این ضریب عدد یک است که برای ایده‌آل‌ترین حالت ممکن از مدل‌سازی به دست

- 1- Training State
- 2- Validation Fail
- 3- Epochs

می‌آید. بنابراین هرچه مقدار این ضریب به سمت یک میل کند، نشان از بهینگی جواب حاصله دارد. در نمودار ۱۰ ضریب  $R^2$  تقریباً ۰/۹۷۹ است.

### نمودار ۱۰- تصویر رگرسیون



## ۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا تمامی شاخص‌های هشدار موجود در جدول ۱، از طریق رویکرد سیگنالی مورد بررسی قرار گرفته و در نتیجه شاخص‌هایی چون رشد تولید ناخالص داخلی، تورم، نرخ بهره حقیقی، شاخص بورس، نرخ ارز مؤثر و انحراف نرخ ارز رسمی و غیررسمی، نسبت بدهی خارجی به دارایی خارجی، نسبت حساب‌های جاری به تولید ناخالص داخلی از این طریق انتخاب شده‌اند. سپس این متغیرها از طریق مدل لاجیت و شبکه عصبی مورد سنجش قرار گرفته‌اند. تخمین‌ها طبق نتایج مورد انتظار می‌باشد و سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۷۳، ۱۳۶۶، ۱۳۵۹ به عنوان

سال‌های بحرانی انتخاب و در پایان شاخص‌هایی همچون نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره حقیقی، نرخ تورم و انحرافات ارزی به عنوان شاخص‌های هشدار شناسایی شده‌اند.

طبق نتایج حاصل از این مقاله، جهت جلوگیری از وقوع بحران‌های مالی در ایران باید برخی از شاخص‌های مهم اقتصادی مثل روند تولید ناخالص داخلی، نرخ بهره حقیقی، تورم و همچنین تحرکات ارزی را به شدت تحت نظر گرفت. این شاخص‌ها دارای بیشترین تأثیر بر سیستم هشداردهنده اولیه بوده‌اند. لذا این تحقیق نشان می‌دهد که بحران‌های مالی در ایران بیشتر ریشه پولی و ارزی دارند و تقریباً متغیرهای پولی و ارزی، هشدارهای مربوط به بحران را منتشر کرده‌اند. بنابراین تمرکز کردن بر نوسانات و تحرکات بازار ارز، نرخ بهره حقیقی و اسمی و همچنین تورم قبل از شروع بحران‌ها می‌تواند راهنمایی‌های لازم را به سیاستگذاران ارائه دهد.

با وجود اینکه صندوق بین‌المللی پول چندین دهه جهت طراحی سیستم هشداردهنده تلاش می‌کند، ولی باز بحران ۲۰۰۸ پیش‌بینی نشد. وجود متغیرهای کیفی تأثیرگذار که غیرقابل کمی‌سازی می‌باشند، از دلایل ناتوانی سیستم‌های هشداردهنده در پیش‌بینی دقیق در شرایط فعلی می‌باشند. لذا تبیین سیستم هشداردهنده به مثابه یک کار مبتدی در شرایط فعلی است، به این امید که اندیشمندان آتی بتوانند چنین سیستمی را با دقت کاملی طراحی کنند. بنابراین نباید انتظار جواب با خطای ناچیز را از این سیستم داشت.



## منابع و مآخذ

### فارسی

- ۱- اسنودن، بی و سایرین. (۱۳۸۳). *راهنمای نوین اقتصاد کلان*. (منصور خلیلی عراقی و علی سوری، مترجمین). تهران: مؤسسه انتشارات برادران.
- ۲- تفضلی، فریدون. (۱۳۷۵). *تاریخ عقاید اقتصادی (از افلاطون تا دوره معاصر)*. تهران: نشر نی.
- ۳- روحانی، سیدحسن. (۱۳۸۹). *امنیت ملی و نظام اقتصادی ایران*. تهران: مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام.
- ۴- شجری، پرستو و محبی‌خواه، بیتا. (۱۳۸۹). پیش‌بینی بحران‌های بانکی و ترازپرداخت‌ها با استفاده از روش علامت‌دهی KLR مطالعه موردی: ایران. *مجله اقتصاد و پول*، شماره ۴.
- ۵- گجراتی، دامودار. (۱۳۸۳). *مبانی اقتصادسنجی*. (حمید ابریشمی، مترجم). تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- ۶- نادری، مرتضی. (۱۳۸۶). *توسعه مالی، بحران‌های مالی و رشد اقتصادی (مقایسه تطبیقی وضعیت ایران در یک مطالعه جهانی)*. تهران: پژوهشکده پولی و بانکی.
- ۷- نیلی، مسعود و کنعانی، علیرضا. (۱۳۸۴). پیش‌بینی بحران‌های ارزی در اقتصادهای وابسته به منابع نفتی - با استفاده از الگوی (KLR). *پانزدهمین کنفرانس سالانه سیاست‌های پولی و ارزی (۱۰۸-۷۱)*. تهران: پژوهشکده پولی و بانکی.

## انگلیسی

- 1- Avery,C & Zemsky,P. (1998). Multidimensional Uncertainty and Herd Behavior in Financial Markets. *American Economic Review*, 88, 724-748.
- 2- Banerjee,A. (1992). A Simple Model of Herd Behavior. *Quarterly Journal of Economics*, 107 (3), 797-817.
- 3- Burnside, Craig., Eichenbaum, Martin & Rebelo, Sergio. (2008). Currency Crisis Models. *New Palgrave Dictionary of Economics*, 2nd ed. North Holand: Palgrave.
- 4- Bussiere,Matthieu & Fratzscher, Marcel. (2002). *Towards a New Early Warning System of Financial Crises*. Frankfurt: European Central Bank.
- 5- Davis, Philip,E & Dilruba, Karim. (2007). Comparing Early Warning Systems for Banking Crises. *Journal of Financial Stability*, 4, 89-120
- 6- Diamond,D & Dybvig, P. (1983). Bank Runs, Deposit Insurance, and Liquidity. *Journal of Political Economy*, 91 (3), 401-19. Reprinted (2000) in *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 24 (1), 14-23.
- 7- Eichengreen, B & Hausmann, R. (2005). *Other People's Money: Debt Denomination and Financial Instability in Emerging Market Economies*. Chicago: University of Chicago.
- 8- FBI probing bailout firms. (23 September, 2008). *CNN Money*.
- 9- Fratianni, M. & Marchionne, F. (2009). *The Role of Banks in the Subprime Financial Crisis*, from [http:// papers. ssrn.com /sol3/papers.cfm?abstract\\_id= 1383473](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1383473).
- 10- Goldstein, Morris. (1996). *Presumptive Indicators/Early Warning Signals of*
- 11- Goldstein, Morris., Graziela, L., Kaminsky & Reinhart, Carmen, M.(2000). *Assessing Financial Vulnerability,An Early Warning System for Emerging Markets*. Washington D.C: Institute for International Economics.

- 12- Haykin, S. (1994). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. New York: Macmillan.
- 13- Herrera, Santiago & Garcia, Conrado. (1999). *User's Guide to an Early Warning System for Macroeconomic Vulnerability in Latin American Countries*, from [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)
- 14- International Monetary Fund. (2010). *World Economic Outlook 2010*. Washington, D.C.: International Monetary Fund.
- 15- Kaufman, George & Scott, Kenneth. (2003). What is Systemic Risk, and do Bank Regulators Retard or Contribute to it? *The Independent Review*,7(3).
- 16- Kibritcioglu, Aycut. (2004). *An Analysis of Early Warning Signals of Currency Crises in Turkey, 1986-2004*. From [www.kibritcioglu.com](http://www.kibritcioglu.com).
- 17- Kindleberger, Charles P & Aliber, Robert. (2005). *Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises*, 5th ed. New York: Wiley.
- 18- Lin, Chin-Shien, Khan, Haider, A, Wang, Ying-Chieh, Chang, Ruei-Yuan. (2006). *A New Approach to Modeling Early Warning Systems for Currency Crises: Can a Machine-Learning Fuzzy Expert System Predict Thecurrency Crises Effectively?* From [www.Econlib.com](http://www.Econlib.com)
- 19- *Vulnerability to Financial Crises in Emerging Market Economies*. Washington. D.C.: Institute for International Economics.