

Sustainable Policy-Making of Financial Systems in Crisis Situations With Modelling Based on Artificial Neural Networks

Saba Ghazi Asgari Naeini^{*}, Najmeh Neshat^{}, Abbasali
Jafari Nodoushan^{***}**

Research Paper

Abstract

Today, policy-making in times of financial crisis with the aim of neutralizing the adverse economic, social and political consequences has become one of the most important pillars of global economic management. Due to the rapid advancement of technology and computer technologies, a more accurate model of this phenomenon can be drawn based on previous experiences and used in the form of a decision support system. Relying on the generalizability of artificial neural network models, this approach has been used to model the dynamics of the financial crisis phenomenon. Variables of economic status, GDP, export value index, import value index, time position and geographical location of each country during the financial crisis as inputs of the artificial neural network model and the optimal combination of policies to deal with the financial crisis as Model output is defined. In order to show the capability of the proposed model, how to design and implement the proposed system in the event of a Covid-19 virus outbreak crisis in Iran was explored. The results indicate that using the proposed model as a support for policymakers and decision makers in the field of financial management can help solve semi-structured problems and improve decision-making efficiency and pay more attention to its effectiveness. According to the results of the present study, the adoption of expansionary monetary and fiscal policies and the provision of support packages as basic solutions to reduce the effects of the financial crisis caused by the corona epidemic in Iran is recommended.

Keywords: Financial Crisis; Policy; Modeling; Artificial Neural Network.

Received: 2022. April. 04, Accepted: 2022. October. 03.

^{*} M.A. Student in Industrial Engineering, Meybod University, Meybod, Iran.

E-Mail: sab.ghazi@yahoo.com

^{**} Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, Meybod University, Meybod, Iran

(Corresponding Author). E-Mail: neshat@meybod.ac.ir

^{***} Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, Meybod University, Meybod, Iran.

E-Mail: abaas.jafari@gmail.com



سیاست‌گذاری سیستم‌های مالی در شرایط بحران با مدل‌سازی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی

صبا قاضی‌عسگری نائینی*، نجمه نشاط**، عباسعلی جعفری ندوشن***

چکیده

مقاله پژوهشی

امروزه سیاست‌گذاری در شرایط بحران مالی با هدف خنثی‌سازی تبعات سوء اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به یکی از مهم‌ترین ارکان مدیریت اقتصاد جهانی تبدیل شده است. با عنایت به پیشرفت سریع فناوری و تکنولوژی‌های کامپیوتری می‌توان الگوی دقیق تری از این پدیده بر اساس تجربیات قبلی ترسیم و در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار داد. با تکیه بر قابلیت‌های مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، این رویکرد به منظور مدل‌سازی دینامیک‌های موجود در پدیده بحران مالی مورد استفاده قرار گرفته است. متغیرهای وضعیت اقتصادی، تولید ناخالص داخلی، شاخص ارزش صادرات، شاخص ارزش واردات، موقعیت زمانی و موقعیت جغرافیایی هر کشور در هنگام وقوع بحران مالی به عنوان ورودی‌های مدل شبکه عصبی مصنوعی و ترکیب بهینه سیاست‌ها برای مقابله با بحران مالی به عنوان خروجی مدل تعریف شده است. به منظور آموزش این شبکه، از اطلاعات مشخصات و شرایط حاکم بر سیستم‌ها و نیز سیاست‌های اتخاذ شده در مواجهه با بحران‌های مالی بزرگ دنیا از سال ۱۹۹۷ تا به امروز استفاده شده است. به منظور نشان دادن قابلیت مدل پیشنهادی، نحوه طراحی و پیاده‌سازی سیستم پیشنهادی در مورد بحران شیوع ویروس کووید-۱۹ در ایران مورد کاوی شد. نتایج به دست آمده بیانگر آن می‌باشد که استفاده از مدل پیشنهادی به عنوان پشتیبان سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه‌های مدیریت مالی می‌تواند در حل مسائل نیمه ساختار یافته کمک‌کننده باشد و موجب بهبود کارایی تصمیم‌گیری و توجه بیشتر به اثر بخشی آن شود. به طوری که با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، اتخاذ سیاست‌های پولی و مالی انبساطی و اعطای بسته‌های حمایتی به عنوان راهکارهای اساسی جهت کاهش اثرات بحران مالی ناشی از همه‌گیری کرونا در کشور ایران توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بحران مالی؛ سیاست‌گذاری؛ مدل‌سازی؛ شبکه عصبی مصنوعی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۱۱.

* دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

E-Mail: sab.ghazi@yahoo.com

** استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه میبد، میبد، ایران (نویسنده مسئول).

E-Mail: neshat@meybod.ac.ir

*** استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

E-Mail: abaas.jafari@gmail.com

۱. مقدمه

هدف اصلی سیستم‌های مالی در دنیا ایجاد فرصت برای سرمایه‌گذاری با بهره‌وری بالاتر توسط افراد و بنگاه‌ها است اما هنگامی که تعدادی از نهادهای مالی به طور ناگهانی بخش زیادی از ارزش دارایی‌های خود را از دست دهند، اصطلاحاً دچار بحران مالی می‌شوند. این بحران‌های مالی در سیستم‌های اقتصادی و مالی مختلف در دنیا همواره وجود داشته است [۷]. براین اساس پژوهشگران به آسیب‌شناسی و بررسی تاثیرگذاری این بحران‌ها پرداخته‌اند و در گام‌های بعدی هدف را برنامه‌ریزی برای جبران و بازگشت سریع به شرایط قبلی گذاشته‌اند. این بحران‌های مالی همواره قابل توجه سیاستگذاران حوزه مالی بوده است زیرا ضررهای زیادی به جامعه در آن دوره وارد می‌نماید. به این علت اقدامات و سیاست‌های پایدار بسیاری در راستای جبران خسارات وارده و بازگشت به شرایط قبل اتخاذ شده است. چالش اساسی پیش روی سیاستگذاران و برنامه‌ریزان سیستم‌های اقتصادی و مالی در این شرایط آن است که میزان اثربخشی و پایداری هر کدام از سیاست‌های پیش رو برای مواجهه با بحران فعلی چگونه خواهد بود [۲]. از این رو در این مطالعه، ارائه یک مدل شبکه عصبی با قابلیت تعمیم‌دهی هدف‌گذاری شده است که با الگوبرداری از تجربیات سیستم‌های مالی مختلف در مقابله با بحران‌ها و اثر بخشی سیاست‌های اتخاذ شده آن‌ها توسعه یافته است. در این مطالعه، ابتدا به بررسی سیاست‌های موفق و ویژگی‌های آن‌ها پرداخته می‌شود سپس به مدل‌سازی شبکه عصبی که با تکیه بر قابلیت تعمیم‌دهی خود قادر است تا با مدل‌سازی دینامیک‌های موجود بین «مشخصات و شرایط حاکم بر سیستم‌های مالی» و «میزان اثربخشی سیاست‌های اتخاذ شده»، اثربخشی یک سیاست پیشنهادی را برای بحران موجود با توجه به شرایط سیستم پیش‌بینی کند تا در مواقع مشابه بتوان از سیاست‌های کارا استفاده کرد. بکار بردن سیاستی به موقع و کارا هنگام وقوع بحران‌های مالی و قبل از سرایت بیشتر باعث می‌شود هم سیستم موجود در مواجهه مجدد با این بحران تا حدی مصون و آماده باشد و هم پیامدهای بلند مدت ناشی از این بحران تحت کنترل قرار گیرد. هدف از این پژوهش ارائه چهارچوبی موثر برای الگوبرداری از راهبردها و سیاست‌های مقابله با بحران‌های مالی تا سیاست کارا متناسب با شرایط به‌وجود آمده با عنایت به تجربیات مشابه قبلی شناسایی گردد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بحران‌های مالی به دلیل ضررهای فراوانی که به اقتصاد می‌زنند سال‌هاست مورد مطالعه قرار گرفته‌اند؛ این بحران‌های مالی بعدهای مختلفی دارند که از انواع عمده بحران‌های مالی شناسایی شده می‌توان به چهار نوع بحران مالی - بحران‌های ارزی، توقف‌های ناگهانی، بحران بدهی و بحران‌های بانکی اشاره کرد [۸]. در زمینه روش‌های انتخاب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده،

مطالعات نشان دادند که روش انتخاب متغیر مبتنی بر روکشی نسبت به سایر روش‌ها دارای برتری است اما قدرت روش‌ها در پیش‌بینی بحران‌های مالی تفاوت معناداری با تکنیک‌های مختلف هوش مصنوعی یعنی الگوریتم ژنتیک خطی، غیر خطی و شبکه‌های عصبی در مورد کاوی‌های انجام شده ندارد [۲۷]. در راستای شناسایی سیاست‌های مهار بحران‌های گزارش شده است که بحران جهانی ۱۹۲۹ اقتصاد همه کشورهای را تحت تأثیر قرار داده است و در همین راستا، ایران نیز سیاست بلندمدت توسعه صنعتی و سیاست کوتاه مدت انحصار تجارت خارجی را تدوین و اجرا نمود [۲۸].

از دیگر موضوعاتی که موجب جلب توجه خاص به بحران‌های مالی می‌گردد آن است که هم‌اکنون بازار سرمایه، کاملاً جهانی شده‌اند و بحران در یکی از کشورهای صنعتی می‌تواند به سرعت به سایر کشورها سرایت کند؛ در این رابطه در پژوهشی که اخیراً بر همه‌گیری ویروس کووید ۱۹ انجام شد، گزارش گردید که این اپیدمی در هر منطقه از جهان که وجود داشته باشد تأثیر مستقیم و مخرب بر اقتصاد کلی جهان دارد [۱۲]. بنابراین مقابله با بحران‌های مالی مستلزم همکاری‌های بین‌المللی به ویژه اتخاذ سیاست‌های پولی هماهنگ توسط بانک‌های مرکزی در کشورهای بزرگ صنعتی استقیم و مخرب بر اقتصاد جهانی دارد.

در این رابطه بحر و مالاریس (۲۰۲۱) با مدل‌سازی سیاست‌های پولی غیر متعارف با استفاده از مدل اقتصادسنجی سوئیچینگ مارکوف به بررسی تأثیر این سیاست بر بحران مالی ناشی از شیوع بیماری کووید ۱۹ پرداخته و به‌کارگیری سیاست‌های پولی غیر متعارف را راهکاری جسورانه و کارآمد در شرایط بحرانی شیوع کرونا معرفی کردند [۶]. به‌طوری‌که بنا به گزارش حق‌پرست و همکاران (۲۰۲۰)، بازارهای مالی در جهان ماهیتی سیستم در سیستم دارند و روابط و ارتباطات داخلی بین اجزای آن‌ها بسیار وسیع و گسترده است پس طبیعی به نظر می‌رسد که وارد آمدن یک شوک به یک قسمت از این بازارها به سرعت از طریق همین رابطه داخل و پنهان به سایر اجزا منتقل شود و این نتایج توسط مطالعات غیر داخلی نیز مورد تأیید قرار گرفت [۱۳]. در پژوهشی که درباره بحران مالی که در سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ اتفاق افتاد، ادعا شد که این بحران از نظر ابعاد، بزرگ‌ترین بحران مالی در تاریخ و از نظر جغرافیایی، پدیده‌ای کاملاً جهانی و فراگیر بوده بنابراین سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۱ (OECD) از تمرکز در کشورهای عضو فراتر رفت تا مهارت‌های تحلیل‌گرایانه و اندوخته تجربیات خود را به کشورهای در حال توسعه نیز پیشنهاد دهد و نتایج بیانگر آن بود که وقوع بحران مالی، کشورهای OECD را به میزان ۷۵ درصد همگرا تر کرده است. همچنین نشان داده شد که این بحران به سرعت به سایر مناطق جهان به خصوص اروپا سرایت کرده و به دلیل ارتباطات و مبادلات گسترده اقتصادی، مالی و

¹ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

تجاری اروپا و ایالات متحده آمریکا تاثیرات مستقیم بسیاری بر اروپا گذاشته و باعث کسری بودجه، افزایش نرخ بیکاری، کاهش شدید تولید ناخالص داخلی، افزایش بدهی، کاهش ارزش یورو و ناآرامی‌های اجتماعی در اروپا شده است [۳۱]. یکی از سیاست‌های این دولت اروپایی در راستای مهار بحران شامل بسته‌ای از سیاست‌های ریاضتی و برنامه‌های صرفه‌جویی بود در این رابطه به سیاست‌هایی که آمریکا برای رفع کسری خود که حدود ۲۰۰ میلیارد دلار جمعاً کسری تجاری و سرمایه‌ای این کشور در سال ۲۰۰۵ بوده است، اشاره شده به‌نحوی که کاهش موانع داخلی و خارجی برای مبادله آزاد بین‌المللی و توسعه سیستم تجاری بر اساس روش‌های مورد قبول در موسسات معتبر بین‌المللی از جمله آن‌ها بوده است [۱۴]. در پژوهش دیگری به عملکرد اقتصاد روسیه در بحران مالی بازه زمانی از اواسط سال ۲۰۰۸ تا پایان سال و اوایل سال ۲۰۰۹ پرداخته است. اگر نگاه بلند مدت‌تری به اقتصاد روسیه داشته‌باشیم در سال‌های قبل از بحران این کشور رشد بهتری نسبت به سایر کشورها داشته است. روسیه به لطف نفت رشد کرد و علت سقوط زیاد آن در دوران بحران نیز نفت بود. نویسندگان این مقاله سعی دارند بگویند که روسیه نباید فقط به اجاره منابع نفت و گاز خود اکتفا کند. آن‌ها بر این نظر هستند که روسیه باید اقتصاد خود را متنوع کند (به دور از نفت و گاز) تا در برابر شوک‌های خارجی مقاوم باشد [۳۱]. در پژوهش دیگری به تجربه کشورهای آسیایی در مقابله با بحران‌های مالی سال ۱۹۹۷ و سال ۲۰۰۸ پرداخته شد. از جمله کشورهایی که در این پژوهش ارزیابی شده‌اند تایلند، مالزی، سنگاپور و کره جنوبی هستند. مفهوم این مقاله در واقع سیاست‌های کارایی بود که این کشورها در مقابل بحران سال ۲۰۰۸ داشتند و دلیل آن تجربه‌ای بود که این کشورها طی بحران سال ۱۹۹۷ کسب کرده بودند. از جمله آن راهکارها به آزادسازی و استقلال مالی اشاره شده است [۲۲]. کیم و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهشی بحران‌های مالی کشورهای آسیایی و تاثیر بازار هرکدام از این کشورها بر دیگری چهار کشور هنگ‌کنگ، مالزی، سنگاپور و مکزیک را طی دورانی که چندین بحران مالی در آن‌ها اتفاق افتاده، مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی این دوران‌ها اعم از ناآرامی بازده منفی دارایی و نوسانات شدید بازار به سایر کشورهای نوظهور نیز راه یافته است [۱۸].

برای راهکارهای مقابله با بحران مالی ناشی از کرونا که در این روزها خیلی مورد بحث قرار گرفته، مهم‌ترین سیاستگذاری دولت‌ها پس از تصمیمات حوزه بهداشت و درمان در حوزه اقتصادی صورت گرفت که هر کشور با توجه به شرایط اقتصادی و امکانات خود سیاست‌های متفاوتی را در پیش گرفت. کاهش نرخ بهره بانکی، طراحی بسته‌های حمایتی برای خانواده‌ها و ارائه تسهیلات ویژه به کسب و کارها از جمله اقدامات مشترک بسیاری از کشورها بوده است و بیشتر کشورهای جهان از جمله ایران نیز از صندوق بین‌المللی پول درخواست وام کرده‌اند.

مقالات زیادی وجود دارد که از آن‌ها می‌توان به راهکارهای کشورهای مختلف دست پیدا کرد که در جدول ۲ به طور کامل جمع‌بندی شده است [۲۸].

یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری استفاده‌کنندگان برون‌سازمانی از قبیل سرمایه‌گذاران، اعتباردهندگان، شرکت‌های تجاری و همچنین موسسات دولتی تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری، اعطای اعتبار و سایر فعالیت‌های اقتصادی تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی شرکت‌ها و وضعیت حال و آینده بنگاه‌های اقتصادی می‌باشد. با توجه به پیشرفت سریع فناوری و تکنولوژی‌های کامپیوتری می‌توان اطلاعات دقیق‌تری نسبت به اطلاعات سنتی در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار داد. تا بتوانند تصمیم‌گیری‌های مناسب‌تری را در خصوص احتمال برگشت سرمایه و یا وقوع بحران مالی قبل از وقوع و تحمل هزینه‌های سنگین اتخاذ نمایند [۱۲].

الگوهای پیش‌بینی بحران مالی یکی از فنون و ابزارهای پیش‌بینی وضعیت آتی اقتصاد است که احتمال وقوع بحران را با ترکیب گروهی از نسبت‌های مالی تخمین می‌زنند. توانایی پیش‌بینی بحران مالی و تجاری هم از دیدگاه سرمایه‌گذار خصوصی و هم از دیدگاه اجتماعی، از آنجا که نشانه آشکاری از تخصیص نادرست منابع است، حائز اهمیت می‌باشد. هشدار اولیه از احتمال ورشکستگی به وسیله پیش‌بینی بحران مالی، مدیریت و سرمایه‌گذاران را قادر می‌سازد تا دست به اقدام پیشگیرانه بزنند و فرصت‌های مطلوب سرمایه‌گذاری را از فرصت‌های نامطلوب تشخیص دهند [۱۶].

در این زمینه با بررسی عوامل تاثیرگذار بر بحران مالی با استفاده از روش لاجیت، از شاخص‌های رشد اقتصادی، اعتبار مالی و عرضه پول، به‌عنوان شاخص‌های مهم در شرایط بحران اقتصادی یاد شده است [۱۷]. پژوهشگران دیگری نیز با استفاده روش‌های مختلف رگرسیون شامل رگرسیون برداری و رگرسیون چند گانه [۱۱] به بررسی عوامل موثر بر شکل‌گیری بحران‌های مالی پرداخته‌اند و بالا بودن میزان نقدینگی مالی یک سیستم مالی را عاملی مثبت در جهت کاهش بحران معرفی کردند [۵ و ۲۶].

شبکه‌های عصبی جزء آن دسته از سیستم‌های دینامیکی هستند که با پردازش روی داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند و بر اساس محاسبات روی داده‌های عددی با نمونه‌ها، قوانین کلی را فرا می‌گیرند. شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند با تحلیل اطلاعات، ارتباطات موجود بین آن‌ها را استخراج کرده و با به‌کار بستن آن در ازای یک سری از اطلاعات جدید مقادیر متناظر آن را تخمین بزنند. بنابراین کاربرد اصلی شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان در تخمین توابع غیر خطی با دقت مناسب دانست [۱۳]. محاسبه و پیش‌بینی بحران‌های مالی از طریق شبکه عصبی، از مزایای فنی استفاده نموده و نیازی به الزامات خاصی برای متغیرهای پیش‌بینی ندارد. این مزایای مدل

پیش‌بینی شبکه‌های عصبی در تفکیک شرایط بحران مالی از شرایط مطلوب قابل ملاحظه است. روش‌های سنتی پیش‌بینی بحران مالی از جمله توسعه روش‌های آماری برای پیش‌بینی بحران‌های مالی [۱۰]، دارای برخی مفروضات محدودکننده مانند خطی بودن، نرمال بودن و مستقل بودن متغیرهای پیش‌بینی‌کننده یا ورودی‌ها است [۱۶]. نظر به اینکه در ارتباط با داده‌های مالی خطی از این مفروضات متصور است، روش‌های سنتی در ارتباط با میزان کارایی و اعتبار، دارای محدودیت‌های زیادی هستند. اما روش‌های هوش مصنوعی دارای ناسازگاری و موارد تخطی کمتری در ارتباط با این مفروضات می‌باشند.

در یک جمع‌بندی با استفاده از جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که تکنیک‌ها/ رویکردهای مطالعات قبلی، تنها تعداد معدودی با هدف پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که شامل مدل رگرسیون لاجیت و تحلیل عاملی می‌باشند اما مدل پیشنهادی قادر به تخمین روابط غیرخطی و پیچیده می‌باشد، در محاسبه، انعطاف‌پذیری زیادی نسبت مسائل غیرخطی دارد و در عمل، قادر است تا در خلال پردازش داده‌های تجربی، اطلاعات و یا قوانین پنهان در داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل کند.

جدول ۱. وجه تمایز مدل پیشنهادی پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین

مدل سازی چینه سفید	قابلیت پشتیبانی از مسائل				تکنیک	هدف			
	قابلیت یادگیری	قابلیت تعمیم دهی و برونیایی	مستقل از فروض اولیه	پارامترهای غیر قطعی		اکتشافی	مدل سازی / تخمین	عارضه‌یابی / ارزیابی	پیش‌بینی
	√	√	√	√					مدل پیشنهادی
√					تحلیل SWOT		√	√	ایروانی (۱۳۸۸)
√				√	مدل جاذبه		√	√	شکیبایی و سعید (۱۳۹۱)
√					تحلیل رگرسیون چندگانه			√	انور و همکاران (۲۰۱۴)
√					مدل‌های لجستیک ترکیبی	√			جیام‌پایولی و همکاران (۲۰۱۵)
√					تحلیل عاملی	√		√	نمازی و همکاران (۱۳۹۵)
√					روش‌های آماری		√		رستم نژاد نشلی (۱۳۹۵)
	√				نظر خبرگان			√	میرجلیلی

											(۱۳۹۶)
	√	√	√	√	√	یادگیری عمیق		√	√		جون و ها کیم جون (۲۰۱۹)
√		√				مدل خودرگرسیون برداری		√		√	بیانی و همکاران (۱۳۹۸)
√						روش لاجیت		√		√	کالکاون و ارسین (۲۰۱۹)
√		√				دلفی		√			بحریه و قاسمی (۱۴۰۰)
√		√				مدل خود رگرسیون برداری		√	√		نجفی استمال و همکاران (۱۴۰۰)
√		√			√	مدل سوئیچینگ مارکوف		√	√		بهار و مالیاریس (۲۰۲۱)

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی^۱ (ANNs)

شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم برای پردازش اطلاعات است که از روش اعصاب بیولوژیکی تقلید کرده و می‌تواند برای انجام پیش‌بینی‌ها چندین ورودی دریافت و ترکیب کند. شبکه عصبی مصنوعی زیر مجموعه دستگاه هوش مصنوعی است و عملیات ANNs باید از طریق یک فرآیند یادگیری انجام شود یعنی ابتدا از طریق ورودی به آن گفته می‌شود که چه نوع شرایطی به چه نتیجه‌ای خواهد رسید، سپس برای نمونه‌هایی که قبلاً آموخته نشده پاسخ خواهند داد ANNs از جمله روش‌های مدل‌سازی هستند که موارد غیر خطی را تخمین می‌زنند و در محاسبه انعطاف‌پذیری زیادی نسبت مسائل غیرخطی دارند در عمل، شبکه‌های عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از مدل‌های غیرخطی انعطاف‌پذیر هستند که قادر به کشف الگوهای موجود در داده‌ها بوده و در خلال پردازش داده‌های تجربی، اطلاعات و یا قوانین پنهان در داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند [۱۵].

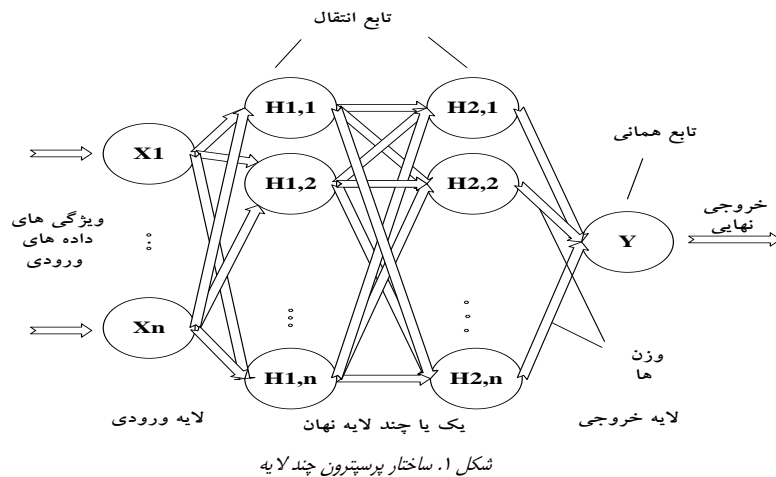
شبکه‌های پرسپترون‌های چند لایه^۲ (MLP)

شبکه‌های پرسپترون‌های چند لایه جزء پرکاربردترین مدل‌های شبکه عصبی برای مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی به شمار می‌آیند. این نوع شبکه‌ها از جمله روش‌های مدل‌سازی هستند که قادر به تخمین موارد غیرخطی متعدد در داده‌ها هستند و یک چارچوب محاسبه انعطاف‌پذیر برای انواع از مسائل غیرخطی می‌باشند. مزیت بالای این گونه از مدل‌ها این است که MLPها تقریب زنده‌های بسیار قوی هستند و اطلاعات موجود در داده‌ها را به صورت موازی پردازش می‌کنند.

1. Artificial Neural Networks – (ANNs)

2. Multi Layer Perceptron – (MLP)

این گونه از شبکه‌ها نیازی به هیچ گونه پیش‌فرضی در مورد شکل مدل در عملیات مدل‌سازی ندارند و در حالت کلی این مدل‌ها مدل مبتنی بر داده تلقی می‌شوند. در شکل ۱ ساختار یک MLP نشان داده شده است. این ساختار بیانگر این است که لایه‌ها به ترتیب به هم متصل می‌شوند به صورتی که خروجی‌های لایه اول، ورودی‌های لایه دوم و به همین ترتیب تا آخر که خروجی‌های لایه آخر خروجی‌های اصلی و پاسخ واقعی شبکه را تشکیل می‌دهند [۳۲].

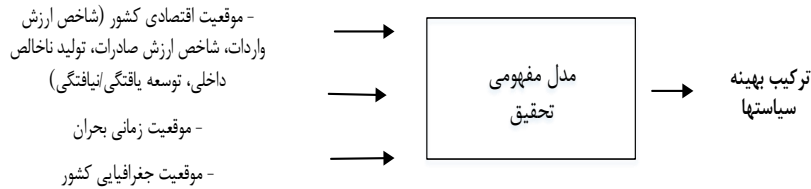


۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش (با توجه به کشف الگوهای موجود) اکتشافی محسوب می‌شود. مبانی نظری، از طریق مطالعه منابع کتابخانه‌ای حاصل شده و سعی شده از تجارب کشورهای که با بحران‌های مالی مواجه بوده‌اند، استفاده گردد. یکی از اهداف این تحقیق، مدل‌سازی رابطه‌ای است که مابین مجموعه‌ای از متغیرهای کلان اقتصادی، جغرافیایی و سیاسی حاکم بر سیستم و اثربخشی سیاست‌های مواجهه با بحران برقرار است، می‌باشد؛ از این رو رویکرد مورد استفاده می‌بایست قابلیت مدل‌سازی پدیده‌های پیچیده با الگوی غیرخطی و غیرقطعی را دارا باشد. رویکرد مدل‌سازی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از رویکردهای مدل‌سازی است که به‌عنوان زیرشاخه‌ای از هوش مصنوعی با شبیه‌سازی از سیستم مغز و شبکه عصبی موجودات زنده توسعه یافته است. این مدل‌ها می‌توانند آینده یک رویداد را با استفاده از داده‌های تاریخی مشابه، پیش‌بینی کنند و چنانچه اطلاعات جامع و کاملی از یک پدیده در دسترس باشد، می‌توانند برای پیش‌بینی رفتار این پدیده در منطقه دیگر مورد استفاده قرار گیرند [۱۵].

مطابق با مدل مفهومی شکل ۲ در این تحقیق ورودی‌های مدل شبکه عصبی، «مشخصات و شرایط حاکم بر سیستم» و خروجی مدل، «ترکیب بهینه سیاست‌ها» تعریف می‌شود. همانطور

که قابل مشاهده است به منظور آموزش این شبکه، از اطلاعات مشخصات و شرایط حاکم بر سیستم‌ها و نیز سیاست‌های اتخاذ شده در مواجهه با بحران‌های مالی قبلی استفاده شده است. شبکه پیشنهادی پس از آموزش دارای قابلیت تعمیم‌دهی است و این قابلیت شبکه را قادر می‌سازد تا بتواند پاسخ دقیقی به ترکیب بهینه سیاست‌ها برای بحران‌های مالی پیش‌رو ارائه دهد.



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش

شبکه عصبی آموزش دیده، با الگوبرداری و یادگیری از بحران‌های قبلی می‌تواند با داشتن شناخت (اطلاعات) بحران فعلی، اثربخشی هر کدام از سیاست‌های پیش رو را تخمین زده و ترکیبی بهینه از سیاست‌ها را پیشنهاد دهد. روایی مدل از طریق ارزیابی عملکرد آموزش مدل (صحه‌گذاری فرآیند آموزش) و پایایی آن از طریق تست شبکه آموزش دیده انجام می‌شود. به منظور تشریح نحوه توسعه و به کارگیری مدل پیشنهادی، پیش‌بینی اثربخشی سیاست‌های ارائه شده در مورد بحران پاندمی کووید ۱۹ در کشور ایران به عنوان یک نمونه مدنظر قرار گرفته است و مراحل انجام تحقیق در قالب شکل ۳ خلاصه شده است.



شکل ۳. نمایش تصویری روش پژوهش

توسعه مدل شبکه عصبی تحقیق

بنا بر اهداف تبیین شده در مراحل قبلی، ابتدا نیاز به بررسی و مطالعه بحران‌های پیشین وجود دارد. به این منظور در گام اول در جدولی تحت عنوان جدول بحران‌های مالی (جدول ۲) به طور کامل بحران‌های مالی بزرگ از سال ۱۹۹۷ تا به امروز منعکس شده است که تمامی این اطلاعات از مرور ادبیات پژوهش جمع‌آوری شده‌اند. همچنین برای تکمیل این جدول و ادامه روند پژوهش، متغیرهای اقتصادی مهم و تاثیر گذار بر متغیر خروجی پژوهش از جمله شاخص ارزش واردات، صادرات و میزان تولید ناخالص داخلی نیز موردنیاز می‌باشد. از طرفی با بررسی

سیاست‌ها می‌توان دریافت در سال‌های مشابه که بحرانی به وقوع پیوسته است، کشورهای مختلف چه راهکارهای مشابهی را به کار گرفته‌اند. به طوری که پیش‌بینی زمان وقوع بحران یک متغیر بسیار تاثیرگذار در برآورد سیاست‌های بهینه در جهت کاهش اثرات این پدیده است. از دیگر متغیرهای مهم در مقابله با بحران‌های پیش‌رو، منطقه جغرافیایی وقوع بحران‌هاست. زیرا مطالعات قبلی نشان می‌دهد که سیاست‌های اتخاذ شده در کشورهایی با موقعیت جغرافیایی بسیار بهم نزدیک می‌باشند مانند بحران مالی سال ۱۹۹۷ در کشورهای آسیایی که در آن سال سیاست‌های مشابهی به کار گرفته شد. آخرین متغیر تاثیرگذار، توسعه‌یافتگی یا عدم توسعه‌یافتگی اقتصادی کشوری است که دچار بحران شده زیرا با توجه به موارد گفته شده کشورهای هم‌سطح به لحاظ اقتصادی تقریباً استراتژی‌های مشابهی را پیش گرفته‌اند. نکته حائز اهمیت در این مرحله این است که استراتژی‌های متنوعی با عنوان‌های متفاوت اما اهداف مشترک برای هر بحران استفاده شده است. از این رو در مجموع استراتژی‌های شناسایی شده به پنج دسته کلی به شرح زیر خوشه‌بندی شده‌اند:

خوشه الف: سیاست‌های مالی و پولی انبساطی

خوشه ب: سیاست‌های مالی و پولی انقباضی

خوشه ج: متنوع کردن اقتصاد

خوشه د: آزادسازی مالی و استقلال مالی

خوشه ه: اعطای بسته‌های حمایتی

بر این اساس توسعه مدل شبکه عصبی پیشنهادی در محیط برنامه‌نویسی متلب^۱ انجام گرفت؛ از این رو اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های مدل شبکه عصبی مطابق با مدل مفهومی با بررسی مطالعات موجود شناسایی و استخراج شد. به منظور افزایش کارایی شبکه لازم است تا آماده‌سازی و پیش پردازش اطلاعات جمع‌آوری شده به نحو مقتضی انجام گیرند. جدول شماره (۳) نحوه آماده‌سازی اطلاعات مورد نیاز شبکه عصبی برای متغیرهای ورودی و خروجی را نشان می‌دهد. طبق این جدول اعداد نرمالیزه شده وارد محیط برنامه‌نویسی متلب گردیده و ترکیب بهینه‌ای از سیاست‌ها به صورت یک بردار باینری (۱ و ۰) نوشته شد. سرانجام داده‌های پیش‌پردازش شده در محیط برنامه‌نویسی به توپولوژی اولیه ارائه و فرآیند آموزش با استفاده از الگوریتم آموزش لونبرگ مارکوات^۲ (که از ترکیب الگوریتم‌های گرادیان نزولی و نیوتن در بهینه‌سازی کلاسیک به وجود آمده است) انجام گرفت [۱۹].

1. MATLAB

2. Levenberg-Marquardt

مناسبت برازش مدل در مدل‌سازی شبکه عصبی، از طریق توقف فرایند آموزش مدل عصبی مشخص می‌شود. بنابراین توقف فرایند آموزش می‌تواند بر اساس یکی از معیارهای کمتر شدن مقدار میانگین مربعات خطا^۱ (MSE) در هر سیکل^۲ از مقدار تعیین شده قبلی، تغییرات نامحسوس در نرم‌گرادیان خطا در تکرارهای متوالی، کمتر شدن مقدار نرم‌گرادیان خطا از مقدار تعیین شده قبلی و یا افزایش تعداد تکرارها از مقدار تعیین شده قبلی باشد. منظور از آموزش آن است که تنظیم پارامترهای داخلی شبکه (وزن‌ها و بایاس‌ها) انجام گیرد. سهم داده‌های آموزش و اعتبارسنجی در این شبکه به ترتیب ۷۰ و ۱۵ درصد تعیین می‌شود و ۱۵ درصد باقیمانده به عنوان داده‌های تست به صورت تصادفی از بین کل داده‌ها انتخاب شده اند [۹].

جدول ۲. بحران‌های مالی در جهان

نوع بحران	سیاست‌های اتخاذ شده	موقعیت زمانی	شاخص ارزش واردات	شاخص ارزش صادرات	تولید ناخالص داخلی	موقعیت جغرافیایی	وضعیت اقتصادی	رفرنس
بحران مالی	خوشه ب -	۷۰	۱۶۰/۴۵	۸۲/۷۳	۴۷/۲۶	آسیا	√	۳۱ و ۳۲
بحران مالی مالزی ۱۹۹۷	خوشه د - خوشه ب	۷۰	۹۶/۴۲	۸۰/۱۶	۱۸۵/۶۷	آسیا	×	۳۱ و ۳۲
بحران مالی اندونزی ۱۹۹۷	خوشه ب - خوشه د	۷۰	۱۱۷/۶۸	۸۶/۰۸	۵۵/۹۹	آسیا	×	۳۱ و ۳۲
بحران مالی فیلیپین ۱۹۹۷	خوشه د - خوشه ب	۷۰	۱۰۴/۳۱	۶۵/۳۴	۱۰۸/۲۵	آسیا	×	۳۱ و ۳۲
بحران مالی کره ۱۹۹۷	خوشه ب - خوشه د	۷۰	۹۰/۱۱	۷۹/۰۴	۵۷/۵۲	آسیا	×	۳۱ و ۳۲
بحران مالی آمریکا ۲۰۰۸	خوشه الف - خوشه د	۸۰	۱۷۲/۲۸	۱۶۴/۶۵	۲۹/۸۹	آمریکا	√	۴
بحران مالی چین ۲۰۰۸	خوشه د - خوشه الف	۸۰	۵۰۳/۳۱	۵۷۴/۱۱	۵۷/۶۱	آسیا	√	۲۵
بحران مالی روسیه ۲۰۰۸	خوشه ج - خوشه د	۸۰	۶۵۰/۵۸	۴۴۹/۰۱	۵۳/۳۸	آسیا	√	۲۵
بحران مالی مالزی ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۱۹۰/۷۶	۲۰۳/۱۰	۱۷۶/۶۷	آسیا	×	۳۱ و ۳۲
بحران مالی استرالیا ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۲۷۹/۹۹	۲۹۳/۱۸	۴۲/۸۷	استرالیا	√	۳۱
بحران مالی کانادا ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۱۷۱/۱۸	۱۶۵/۰۲	۶۷/۱۹	آمریکا	√	۳۱
بحران مالی ژاپن ۲۰۰۸	خوشه ب	۸۰	۲۰۰/۹۳	۱۶۳/۰۳	۳۴/۴۰	آسیا	√	۲۵
بحران مالی سوئیس ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۲۲۲/۴۶	۲۴۹/۳۹	۱۱۴/۷۸	اروپا	√	۲۱ و ۱۸

1. Mean Squared Error

2. Epoch

بحران مالی انگلیس ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۱۸۲/۴۲	۱۶۱/۴۸	۵۶/۱۳	اروپا	√	۱ و ۱۸ و ۲۱
بحران مالی دانمارک ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۲۴۰/۶۵	۲۲۸/۵۲	۱۰۴/۸۳	اروپا	√	۲۱ و ۱۸
بحران مالی تایلند ۲۰۰۸	خوشه د	۸۰	۲۸۹/۴۳	۲۵۷/۷۹	۱۴۰/۴۴	آسیا	×	۳۱ و ۲۲
بحران مالی اندونزی ۲۰۰۸	خوشه د	۸۰	۲۹۲/۵۵	۲۱۳/۴۶	۵۸/۵۶	آسیا	×	۳۱ و ۲۲
بحران مالی فیلیپین ۲۰۰۸	خوشه الف	۸۰	۱۶۳/۱۸	۱۲۸/۸۹	۶۷/۶۸	آسیا	×	۳۱ و ۲۲
بحران مالی کره ۲۰۰۸	خوشه الف - خوشه ج - خوشه د	۸۰	۲۷۱/۳۳	۲۴۴/۹۷	۹۵/۵۳	آسیا	×	۲۵
بحران مالی استرالیا ۲۰۱۹	خوشه الف - خوشه ه	۹۰	۳۰۹/۷۵	۴۲۴/۳۰	۴۵/۷۱	استرالیا	√	۳۱
بحران مالی چین ۲۰۱۹	خوشه الف	۹۰	۹۲۳/۶۳	۱۰۰۲/۹۸	۳۵/۸۴	آسیا	√	۲۳ و ۷
بحران مالی هند ۲۰۱۹	خوشه ه - خوشه الف	۹۰	۹۴۳/۳۸	۷۵۶/۱۱	۳۹/۵۵	آسیا	×	۲۳ و ۷
بحران مالی فرانسه ۲۰۱۹	خوشه الف - خوشه ه	۹۰	۱۹۳/۳۸	۱۷۴/۸۷	۶۴/۵۲	اروپا	√	۲۳ و ۷
بحران مالی ژاپن ۲۰۱۹	خوشه ه - خوشه الف	۹۰	۱۸۹/۹۷	۱۴۷/۲۱	۳۴/۹۳	آسیا	√	۲۳ و ۷
بحران مالی آلمان ۲۰۱۹	خوشه الف - خوشه ه	۹۰	۲۴۸۸/۹۰	۲۷۰/۵۳	۸۷/۹۹	اروپا	√	۲۳ و ۷
بحران مالی ایتالیا ۲۰۱۹	خوشه ه - خوشه الف	۹۰	۱۹۸/۳۲	۲۲۱/۴۷	۵۹/۹۶	اروپا	√	۲۳ و ۷
بحران مالی اسپانیا ۲۰۱۹	خوشه الف - خوشه ه	۹۰	۲۳۸/۷۹	۲۹۰/۱۹	۶۶/۷۸	اروپا	√	۲۳ و ۷
بحران مالی آمریکا ۲۰۱۹	خوشه ه - خوشه الف	۹۰	۲۰۳/۸۸	۲۱۰/۱۴	۲۶/۳۱	آمریکا	√	۲۳ و ۷
<p>راهنمای جدول:</p> <p>علامت √ بیانگر توسعه یافتگی و علامت X به معنای وضعیت اقتصادی در حال توسعه یک کشور می‌باشد. موقعیت‌های زمانی بر مبنای دهه هجری-شمسی قید شده است. تولید ناخالص داخلی بر مبنای درصد قید شده است.</p>								

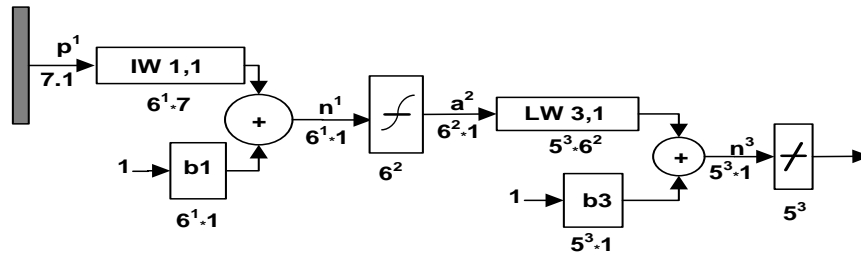
جدول ۳. شاخص‌ها و متغیرهای پژوهش

ورودی‌های مدل					خروجی مدل		
موقعیت جغرافیایی	موقعیت زمانی	شاخص ارزش واردات	شاخص ارزش صادرات	تولید ناخالص داخلی	وضعیت اقتصادی کشور	ترکیب سیاست‌ها	متغیرها
آسیا، اروپا، آمریکا، استرالیا، آفریقا	دهه ۷۰-۸۰ تا ۹۰	اعداد جدول	اعداد جدول	اعداد جدول	در حال توسعه، توسعه یافته	خوشه الف، ب، ج، د و ه	مقادیر اولیه
۱ تا ۵	نرمالایز شده اعداد	نرمالایز شده اعداد جدول	نرمالایز شده اعداد جدول	نرمالایز شده اعداد جدول	۱۰۰	بردار باینری یک در پنج	مقادیر پیش پرداز شده

برای بررسی عملکرد شبکه عصبی نیاز است که عملکرد شبکه برای داده‌های تست بررسی شود. این داده‌ها به گونه‌ای انتخاب و به شبکه آموزش دیده ارائه می‌شوند که شبکه تجربه قبلی از آن‌ها را نداشته و قبلاً در مورد آن‌ها آموزش ندیده است. این کار با هدف ارزیابی قدرت تعمیم‌دهی شبکه و حصول اطمینان از عدم بروز مشکل حفظ کردن الگو^۱ انجام می‌گیرد. در مرحله بعد، اندازه‌گیری عملکرد مدل از طریق تحلیل رگرسیون^۲ (R) خروجی‌های تخمینی توسط مدل در مقایسه با مقدار واقعی آن‌ها محاسبه می‌گردد که در این مدل پیشنهادی، شاخص ضریب همبستگی بین داده‌های به‌دست آمده از مدل شبکه عصبی و داده‌های واقعی مبنا قرار می‌گیرد. در مرحله آموزش شبکه عصبی پیشنهادی تحقیق، شبکه‌های مختلفی شامل ۱ الی ۳ لایه مخفی با تعداد متغیری از نرون لایه مخفی و همچنین توابع محرک متفاوت در نظر گرفته می‌شوند. برای این کار شبکه‌هایی با توپولوژی‌های متفاوت آموزش و شاخص R برای خروجی آن‌ها محاسبه می‌گردد. در این پژوهش بهترین توپولوژی، شبکه ای با ساختار پیش‌رو دارای یک لایه میانی با ده نرون و یک لایه خروجی شامل پنج نرون می‌باشد که تابع فعال‌سازی در لایه میانی سیگموئید دو قطبی و در لایه خروجی یک تابع خطی است. در شکل ۴ توپولوژی نهایی شبکه پیشنهادی نشان داده شده است.

1. Overfitting Problem

2. Regression



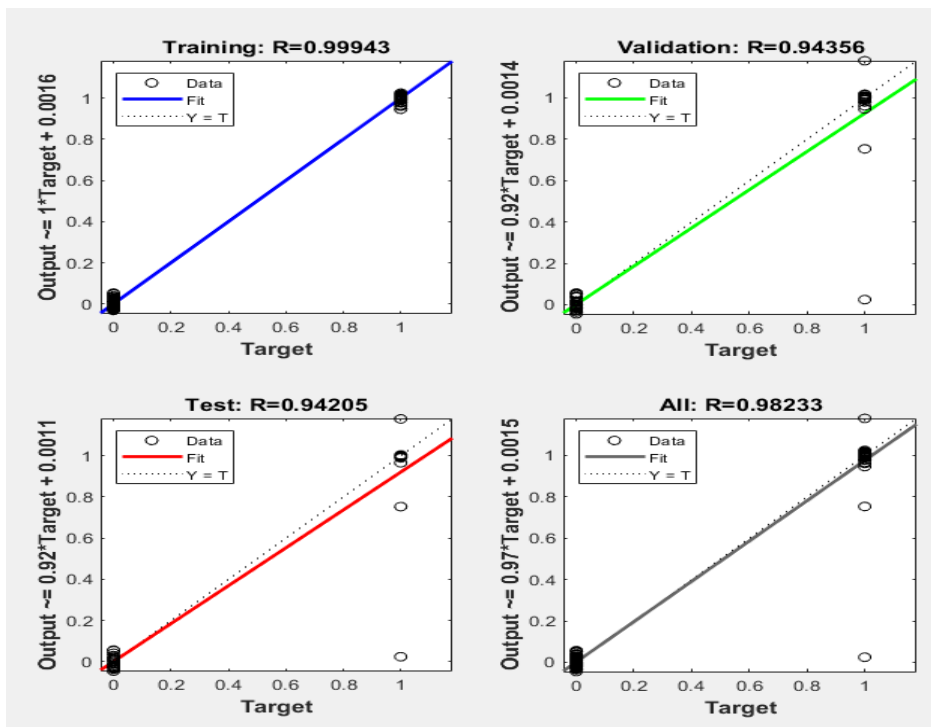
شکل ۴. توپولوژی شبکه عصبی پیشنهادی

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

در فرآیند یادگیری شبکه ابتدا داده‌های مربوط به یادگیری به شبکه وارد می‌گردد و وزن‌های اولیه اتصالات مابین نرون‌ها به صورت تصادفی توسط شبکه انتخاب و پس از بارگذاری داده‌های مجموعه یادگیری و تنظیم وزن‌های شبکه، اولین گروه از داده‌ها به عنوان ورودی به شبکه اعمال می‌شود. سپس خروجی شبکه با استفاده از توابع و الگوریتم یادگیری محاسبه شده و با خروجی مطلوب مقایسه می‌گردد. در مرحله بعد شبکه با استفاده از خطای حاصله وزن‌های شبکه را تغییر می‌دهد و این عملیات برای کل داده‌های آزمایش اعمال می‌گردد که پس از اعمال هر ورودی وزن‌های شبکه به هنگام می‌گردند و هر بار تکرار فرآیند فوق برای کل داده‌های آموزش یک سیکل نام دارد. بعد از هر سیکل میانگین مربعات خطا محاسبه شده و با MSE هدف مقایسه می‌شود در صورتی که خطا بزرگ‌تر از خطای هدف باشد دوباره یک سیکل دیگر شروع می‌شود. در اینجا شرط توقف یادگیری رسیدن به خطای هدف است. جدول ۴ نتایج در لحظه توقف را برای توپولوژی‌های مختلف نشان می‌دهد. بهترین شبکه پیشنهادی بر اساس تابع عملکرد تابع میانگین مربعات خطا مربوط به توپولوژی شماره ۶ با کمترین MSE می‌باشد که مقداری برابر با $2/46181e-4$ برای مرحله آموزش و $2/65954e-2$ مربوط به مرحله تست دارا می‌باشد. همچنین خروجی‌های این مدل، R بسیار نزدیک به عدد ۱ را دارد؛ $9/99432e-1$ و $1-$ به ترتیب ضریب R مربوط به مرحله آموزش و تست این شبکه می‌باشد. صحت‌گذاری شبکه‌های عصبی در اصل همان بررسی میانگین مربعات خطا و گرادیان خطا در حین فرآیند آموزش و تست می‌باشد که در صورتی که مدل برازش شده در سطح عملکرد قابل قبولی با توجه به معیارهای مناسب برازش باشد، فرآیند آموزش به معنای دستیابی به مدل قابل قبول است. در این مدل از ۱۵ درصد داده‌های کل برای تست جداسازی شده است و تعداد نرون‌های لایه مخفی برابر ۱۰ می‌باشد. در گام‌های بعدی نمودارهای R مربوط به ۴ توپولوژی برتر بررسی شده است (شکل ۵).

جدول ۴: نتایج در لحظه توقف در مرحله آموزش و تست در تعداد لایه‌ها و نسبت‌های متفاوت در داده‌ها

داده‌های تست			داده‌های آموزش			نسبت داده‌ها	نرون لایه مخفی	
R	MSE	نسبت داده‌ها	R	MSE	نسبت داده‌ها			
$5/0.2132 e-1$	$2/0.4285 e-1$	%۲۰	$9/430.05 e-1$	$2/4220.6 e-2$	%۷۰	۳	۱	
$8/87144 e-1$	$4/51700 e-2$	%۲۰	$9/71187 e-1$	$1/29883 e-2$	%۷۰	۶	۲	
$7/750.03 e-1$	$9/53049 e-2$	%۲۰	$9/99852 e-1$	$6/83065 e-5$	%۷۰	۱۰	۳	
$8/60930 e-1$	$6/10641 e-2$	%۱۵	$9/41737 e-1$	$2/50137 e-2$	%۷۰	۳	۴	
$9/42373 e-1$	$2/62680 e-2$	%۱۵	$9/60685 e-1$	$1/69656 e-2$	%۷۰	۶	۵	
$9/42051 e-1$	$2/65954 e-2$	%۱۵	$9/99332 e-1$	$2/46181 e-4$	%۷۰	۱۰	۶	
$8/60725 e-1$	$6/06662 e-2$	%۱۰	$8/48365 e-1$	$6/24557 e-2$	%۷۰	۳	۷	
$8/26685 e-1$	$8/2174 e-2$	%۱۰	$9/79267 e-1$	$8/91504 e-3$	%۷۰	۶	۸	
$8/39378 e-1$	$7/71015 e-2$	%۱۰	$9/96864 e-1$	$1/48713 e-3$	%۷۰	۱۰	۹	



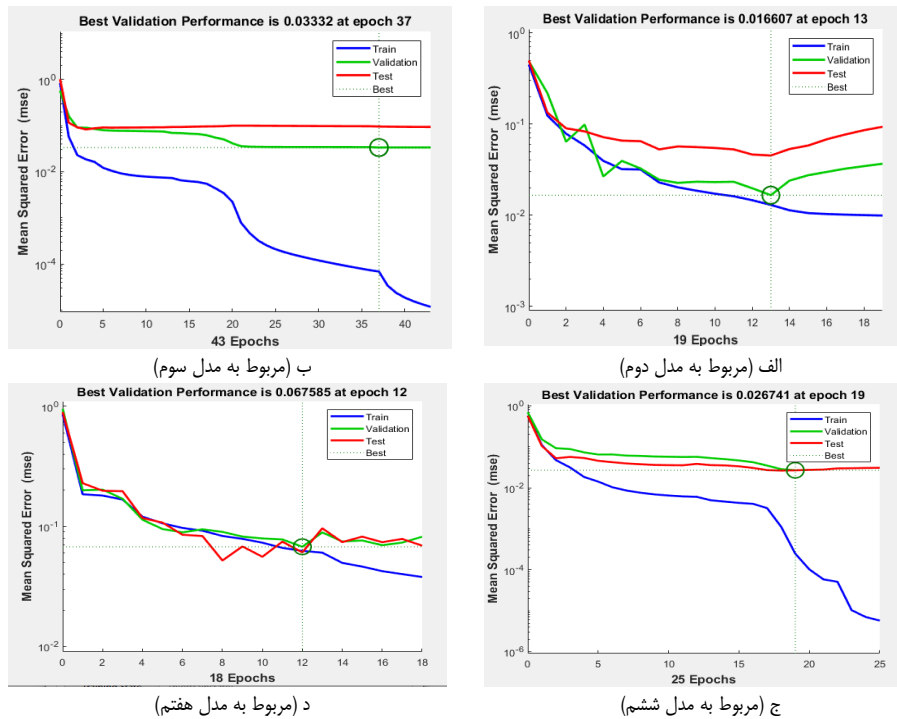
شکل شماره ۵. نمودار تحلیل رگرسیونی R برای ۴ توپولوژی برتر

در نگاه اول با بررسی نمودارهای تحلیل رگرسیونی، توپولوژی شماره (۶) با نسبت داده‌های ۷۰ درصد و ۱۵ درصد و ۱۵ درصد و تعداد ۱۰ نرون در لایه مخفی انتخاب می‌شود زیرا با بررسی‌های دقیق در این شکل میزان همبستگی مقادیر خروجی شبکه با مقدار واقعی با تقریب بسیار خوبی به ۱ نزدیک است. به طوری که مشاهده می‌شود R برای داده‌های مرحله صحت‌گذاری ۹۴/۳۵ درصد، برای داده‌های مرحله آموزش ۹۹/۹۴ درصد، برای مرحله تست ۹۴/۲۰ درصد و در حالت کلی R برابر ۹۸/۲۳ درصد است. این نتایج بیانگر آن است که شبکه آموزش دیده در صورت مواجهه با داده‌های جدید، می‌تواند با دقت قابل قبولی نتایجی دقیق و نزدیک به واقعی ارائه دهد. درباره تاثیر خط رگرسیونی در تشخیص مدل بهینه پژوهشی با هدف ایجاد شبکه پیچیده اثر ویروس کرونا بر بازار بورس سهام ۷۵ کشور به همراه متغیرهای نفت، طلا، نقره و مس انجام گرفت که نتایج بیانگر آن بود که بهم پیوستگی اقتصاد مدرن بازارهای سهام و متغیرهای اقتصادی، بحران بهداشتی کرونا را به یک بحران اقتصادی در جهان تبدیل کرده است. در پژوهش ذکر شده نیز مانند پژوهش حاضر از خط رگرسیون برای اثبات دقیق بودن بررسی‌های خود استفاده کردند و نتیجه‌گیری کردند که این ویروس بیشترین اثر را بر بازارهای بورس کشورهای اروپایی و آسیایی داشته و کمترین تاثیر آن بر بازارهای بورس کشورهای عربی و آفریقایی بوده است که استفاده از خط رگرسیون در این پژوهش نیز به انتخاب مدل کمک کرده و با روند انجام پژوهش حاضر همسو است [۳۰].

در گام بعدی می‌توان به وسیله نمودارهای MSE کیفیت فرآیند آموزش را برای ۴ مدل برتر مشاهده نمود. در این باره مالت (۲۰۲۰) در پژوهشی تحت عنوان «مدل‌های رگرسیون شبکه عصبی مصنوعی در یک محیط پانل: پیش‌بینی رشد اقتصادی» نشان داد که مدل‌های رگرسیون شبکه عصبی مصنوعی ابزار مناسبی برای تجزیه و تحلیل داده‌های پانل اقتصادی هستند؛ در این پژوهش همچون پژوهش حاضر مقدار خطای MSE معیار انتخاب بهترین توپولوژی انتخاب شد [۲۰]. در پژوهش دیگری محبی و همکاران (۲۰۲۱) از ۴ مدل مختلف شبکه عصبی (MLP, SVR, RBF, DNN) که از مهم‌ترین مدل‌های پیش‌بینی می‌باشند، استفاده کردند. در پژوهش ذکر شده، معیار MSE مانند پژوهش حاضر یکی از معیارهای بررسی عملکرد برای انتخاب مدل شبکه عصبی بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد که با الگوریتم پیشنهادی این پژوهش، می‌توان با ۷ ویژگی انتخابی به پیش‌بینی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با دقت بالا دست یافت [۲۴].

در ادامه در شکل شماره ۶ (الف-د) نمودارهای MSE مربوط به ۴ توپولوژی برتر به عنوان نمونه نشان داده شده است. به نحوی که روند غیر صعودی مقدار MSE در حین فرآیند آموزش، صحت‌گذاری آموزش و تست به ترتیب با خطوط آبی رنگ، سبز رنگ و قرمز رنگ نمایش داده شده است و بیانگر این موضوع می‌باشد که با توجه به وضعیت نمودار آبی رنگ در طی هر سیکل

شیکه به نحو مطلوب آموزش می‌بیند، بر اساس نمودار سبز رنگ، دچار مشکل پیش‌برازش یا حفظ‌کردن بیش از حد الگو نشده است و قابلیت تعمیم‌دهی آن مطابق با نمودار قرمز رنگ مطلوب می‌باشد.



شکل ۶ روند تغییرات میزان خطای میانگین مربعات مربوط به ۴ توپولوژی برتر

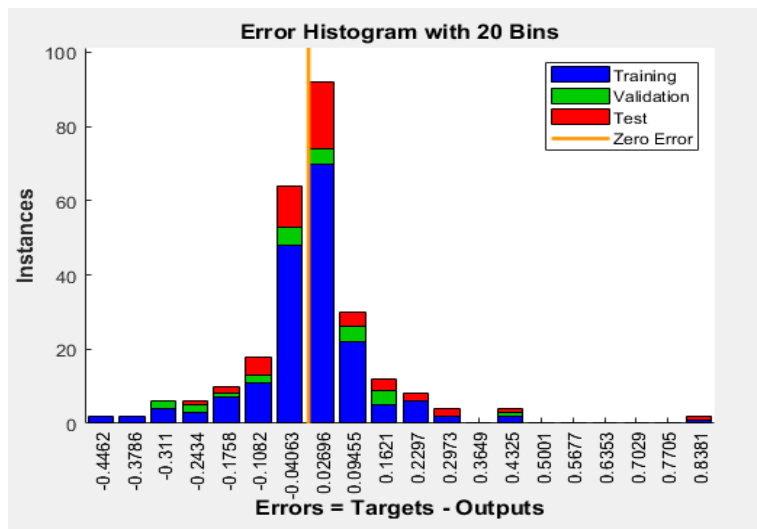
با بررسی این نمودارها نیز می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در بین نمودارهای (الف تا د) نمودار ج که مربوط به توپولوژی شماره ۶ می‌باشد، برازش مطلوب‌تری داشته است. به بیان کلی، این توپولوژی با توجه به مطلوبیت نتایج حاصل از اجرای الگوریتم صحنه‌گذاری آموزش و تست، قادر به تعمیم‌دهی قابل قبولی می‌باشد زیرا مشکل حفظ کردن الگو در حین آموزش اتفاق نیفتاده است.

در این نمودارها در یک سو تعداد تکرارها و در سوی دیگر میانگین مربعات خطا در هر سیکل نشان داده می‌شود. طبق موارد گفته شده، شرط توقف یادگیری رسیدن به خطای هدف است هنگامی که ۶ تکرار بدون بهبود وجود داشته باشد؛ مطابق شکل مربوط به توپولوژی شماره ۶ از سیکل شماره ۱۹ به بعد بهبودی وجود نداشته و شبکه متوقف می‌شود. در پژوهشی با هدف بررسی میزان دقت پیش‌بینی سود با استفاده از شبکه عصبی و درخت تصمیم از یک روش رگرسیون کمترین مربعات جهت مدل خطی و روش‌های شبکه عصبی پیشخور تعمیم‌یافته

استفاده شده است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مدیریت سود نسبت به روش‌های خطی دقیق‌تر و دارای سطح خطای کمتری است. در این پژوهش نیز مانند پژوهش حاضر تعداد نرون‌های لایه مخفی با استفاده از آزمون و خطا به دست آمده و تابع انتقال، تابع سیگموئید انتخاب شده است [۲۹]. در پژوهش ذکر شده به منظور مقایسه روش‌های تحقیق از معیار مهم میانگین مربعات خطا استفاده شده است و میانگین مربعات خطای کم و R نزدیک به عدد یک در این پژوهش نشان‌دهنده قدرت توضیح‌دهندگی بالای مدل و تاییدی بر قابلیت استفاده از نتایج حاصل از آن است بنابراین روند کار با پژوهش حاضر هم‌راستا بوده است.

برای ادامه بررسی‌های این پژوهش با توجه به انتخاب بهترین مدل این شبکه نمودارهای مهم دیگر فقط برای مدل (۷۰ درصد ۱۵ درصد با ۱۰ نرون در لایه مخفی) بررسی شده است. زیرا دو نمودار رگرسیون و MSE شرایط لازم و کافی برای انتخاب بهترین مدل با بهترین عملکرد را داشتند.

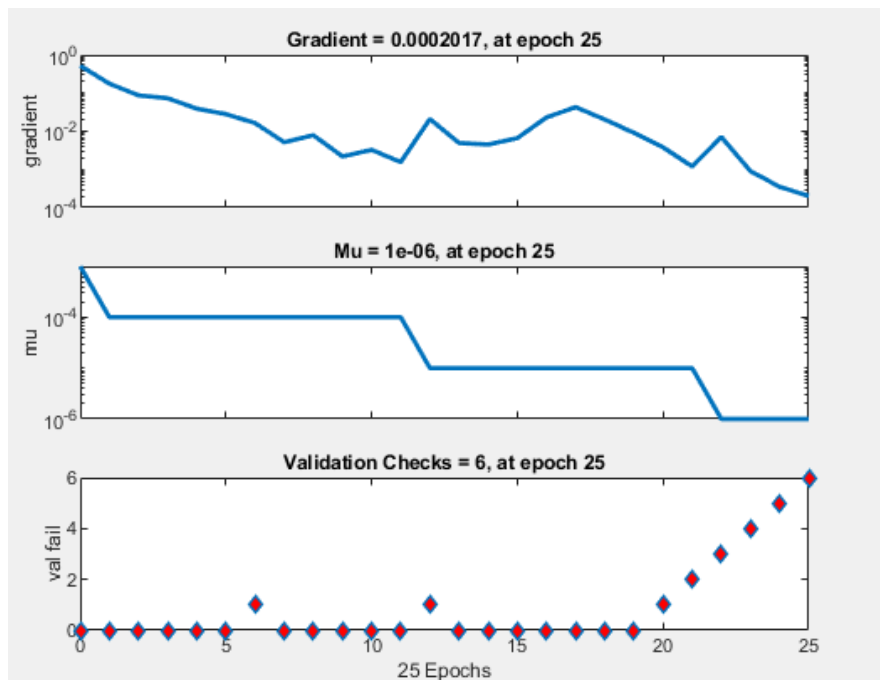
شکل ۷ خطای شبکه را برای هر سه داده آموزش، تست و ارزیابی نشان می‌دهد. بر این اساس همه خطاهای شبکه برای داده‌های آموزشی در اطراف صفر توزیع پیدا می‌کنند و توزیع خطاها به طرف خاصی با یاس چندانی ندارد و این نشان دهنده عمل کرده بسیار خوب شبکه در تعلیم داده‌های آموزشی است. در کل در این نمودار میزان تعلق هر دسته از داده‌ها به ازای خطاهای مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۷. نمودار میزان خطای مربوط به مراحل آموزش، صحنه گذاری و تست

شکل ۸ تغییرات گام آموزش را در طول به تصویر کشیده است. اگر در ۶ بار پیاپی بهبودی حاصل نشود و نمودار بصورت یکنواخت صعودی باشد، فرآیند آموزش متوقف خواهد شد که این مهم در شکل ۸ کاملاً مشهود است.

در یک جمع بندی می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس معیارهای عملکرد برازش مدل در مرحله آموزش و تست مدل، مدل شبکه عصبی توسعه یافته در این مرحله (توپولوژی شماره شش)، قابل استفاده در بحران‌های پیش رو می‌باشد زیرا قابلیت تعمیم دهی مدل در مرحله آموزش و تست شبکه مورد صحت گذاری قرار گرفت. بنابراین این مدل می‌تواند به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای سیاستگذاران در مواجهه با بحران‌های آتی مالی مورد استفاده قرار گیرد. به بیان دیگر، با تکیه بر قابلیت تعمیم‌دهی، مدل پیشنهادی در قالب یک سیستم خبره می‌تواند ترکیب بهینه‌ای از سیاست‌ها را برای بحران‌های دیگر که در مورد آن‌ها آموزش ندیده است، ارائه دهد و این پیش‌بینی یک پیش‌بینی مقبول و اثربخش بر اساس تجربیات قبلی برای بحران‌های جدید می‌باشد. در ادامه، به منظور عینیت بخشیدن به قابلیت ذکر شده مدل، این مدل برای پیشنهاد ترکیب بهینه سیاست‌های اصلاحی در شرایط بحران مالی ناشی از شیوع ویروس کرونا مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۸. تغییرات گام آموزش

۵. بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل خروجی مدل از طریق موردکاوی

ویروس کووید ۱۹ در سال ۲۰۱۹ در شهر ووهان^۱ چین ظاهر شد و در سال ۲۰۲۰ پس از انتشار به اکثر کشورها به عنوان یک اپیدمی توسط سازمان بهداشت جهانی اعلام شد، پس از همه‌گیری ویروس در کشورهای مختلف و ترس ظاهر شده در سرمایه‌گذاران موجب سقوط بیشتر بازارهای بورس سهام شد، برای مقابله با این بیماری و جلوگیری از گسترش آن محدودیت‌هایی برقرار شد در ابتدا ایجاد محدودیت‌ها، قرنطینه و رعایت پروتکل‌های بهداشتی باعث کاهش بحران کووید-۱۹ گردید اما به مرور این اقدامات به روی چرخه کسب و کار اثر منفی گذاشت. از این رو بحران کووید ۱۹ که در ابتدا پیش از هر چیز تهدیدی برای سلامت عمومی شناخته می‌شد، اما رفته رفته تبدیل به یک تهدید اقتصاد جهانی شد.

در پژوهشی با بررسی تاثیر ویروس کرونا بر اقتصاد جهانی گزارش شد که شوک ناشی از ویروس کرونا، باعث به وجود آمدن دومین بحران بزرگ اقتصادی و مالی قرن بیست و یکم شده است. اثر ویروس کرونا با توجه به عواملی بسیاری مانند سیستم بهداشت، جمعیت، ساختار جمعیتی، از نظر جغرافیایی و درجه توسعه یافتگی بر کشورها متفاوت است اما کاهش شدید رشد اقتصادی و کاهش تقاضای جهانی برای کشورها دور از انتظار نیست و اثرات اولیه آن افت شدید بازارهای سرمایه در اکثر کشورها بوده است [۷]، که این موضوع بیانگر لزوم پژوهش حاضر و آشنایی با سیاست‌های مقابله با بحران‌های مالی آتی است.

مدل پیشنهادی می‌تواند ترکیب بهینه‌ای از سیاست‌ها را برای بحران‌های دیگر که در مورد آن‌ها آموزش ندیده است، ارائه دهد و یک پیش‌بینی مقبول و اثربخش بر اساس تجربیات قبلی برای بحران‌های جدید باشد. از این رو، در پژوهش حاضر با بکارگیری مدل آموزش دیده، به شناسایی ترکیب بهینه سیاست‌های مقابله با بحران مالی در ایران پرداخته شد. مشخصات بحران و شرایط کشور ایران به عنوان متغیرهای لایه ورودی شبکه عصبی توسعه یافته، در نظر گرفته شد و در جدول ۵ به‌طور کامل تشریح گردید. لازم به ذکر می‌باشد که بردار باینری (شامل پنج درایه) بمنظور نمایش ترکیب بهینه سیاست‌ها، به عنوان متغیر خروجی یا همان متغیر وابسته تعریف شده است.

با تکیه بر قابلیت تعمیم‌دهی مدل توسعه یافته در مرحله قبلی، مدل پیشنهادی در نقش یک سیستم خبره، برای شناسایی ترکیب بهینه سیاست‌های مقابله با بحران مالی در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین مشخصات بحران و شرایط کشور ایران به عنوان متغیر لایه

1. Wuhan

ورودی به این سیستم خبره در نظر گرفته شد و در جدول ۵ به‌طور کلی تشریح گردید. بر این اساس، ترکیب بهینه سیاست‌ها برای مقابله با این بحران، به عنوان متغیر خروجی یا همان خروجی سیستم خبره، تعریف شده است.

جدول ۵. اطلاعات مساله موردکاوی

موقعیت اقتصادی کشور	منطقه جغرافیایی	تولید ناخالص داخلی	شاخص ارزش صادرات	شاخص ارزش واردات	موقعیت زمانی	بحران مالی
در حال توسعه	آسیا	۶۵,۰۵	۳۵۹,۸۷	۳۵۵,۱۱	۹۰	شیوع کرونا در ایران

جدول شماره ۶، بردار خروجی مساله (خروجی‌های گرد شده مدل در محیط متلب) را نشان می‌دهد. مطابق با این جدول، خوشه الف و ه مقدار می‌گیرد و مابقی خوشه‌ها فاقد مقدار می‌باشند که بیانگر این موضوع می‌باشد که از بین خوشه‌های بالقوه، ترکیبی از خوشه الف و خوشه ب که شامل سیاست‌های پولی و مالی انبساطی و سیاست اعطای بسته‌های حمایتی هستند، راهکار مناسب تری برای مقابله با بحران اقتصادی ناشی از کرونا در کشور ایران است. نتایج این خروجی‌ها (جدول ۶) بیانگر این موضوع است که درایه ۱ و درایه ۵ که شامل سیاست‌های پولی و مالی انبساطی و سیاست اعطای بسته‌های حمایتی هستند، راهکار مناسب تری برای مقابله با بحران اقتصادی ناشی از کرونا در کشور ایران است. اکثر پژوهش‌هایی که با استفاده از مدل‌های متفاوت به بررسی راهکارهای مقابله با بحران اقتصادی ناشی از کووید-۱۹ پرداخته‌اند از اعطای بسته‌های حمایتی هر کشور در این دوران به عنوان یک راهکار موثر نام برده‌اند. در این راستا در پژوهشی با هدف برآورد خسارت اقتصادی ناشی از اپیدمی بیماری کوید-۱۹ در ایران در قالب مدل‌سازی هفت سناریو گزارش شد از آنجا که ایران هم در معرض آسیب اقتصادی این همه‌گیری است باید حمایت‌های مستقیم و غیرمستقیم در دستور کار خود قرار دهد و مانند کشورهای دیگر سیاست‌های پولی و مالی انبساطی نیز به کار گیرد [۲۳] که این گزارش یافته‌های پژوهش حاضر را تایید می‌کند.

جدول ۶. خروجی‌های مسئله موردکاوی

سیاست‌ها	خوشه الف: سیاست‌های مالی و پولی انبساطی	خوشه ب: سیاست‌های مالی و پولی انقباضی	خوشه ج: متنوع کردن اقتصاد	خوشه د: آزاد سازی مالی و استقلال مالی	خوشه ه: بسته‌های حمایتی
خروجی‌های متلب	۱/۰۵۲۱۷۹	-۰/۰۴۵۹۸۹	۰/۰۳۲۶۹۰	۰/۰۲۱۳۳۹	۱/۱۰۰۱۹۹
خروجی مسئله	۱	۰	۰	۰	۱

به منظور تحلیل حساسیت نتایج و با عنایت به وجود همبستگی و اثر برهمکنش متغیرها بر یکدیگر انتظار می‌رود تحلیل حساسیت مدل پژوهش (بر اساس متغیرهای مختلف تحقیق) در تبیین تاثیر مجزای هر یک از این متغیرها نقش به‌سزایی داشته باشد به طوری که همانطور که در جدول شماره ۷ نشان داده شده است تنها با تغییر یکی از متغیرهای پژوهش (موقعیت زمانی) از ۹۰ به ۷۰ بسته‌های پیشنهادی بهینه ارائه شده توسط خروجی‌های مدل از خوشه‌های الف و ه (سیاست‌های مالی و پولی انبساطی و اعطای بسته‌های حمایتی) به خوشه‌های ب و د (سیاست‌های مالی و پولی انقباضی و آزادسازی مالی و استقلال مالی) تغییر یافته است که قابل توجه می‌باشد. حساسیت نتایج نسبت به متغیرهای پژوهش، خود نشان از اهمیت و جایگاه مهم مسله تحقیق در شرایط کنونی جهان دارد.

جدول ۷. خروجی‌های مسئله موردکاوی با تغییر متغیر زمان

سیاست‌ها	خوشه الف: سیاست‌های مالی و پولی انبساطی	خوشه ب: سیاست‌های مالی و پولی انقباضی	خوشه ج: متنوع کردن اقتصاد	خوشه د: آزاد سازی مالی و استقلال مالی	خوشه ه: بسته‌های حمایتی
خروجی‌های متلب	۰/۱۵۱۷	۱/۳۲۱۶	۰/۳۷۹۵	۰/۹۲۰۵	-۰/۰۵۱۶
خروجی مسئله	۰	۱	۰	۱	۰

نتیجه‌گیری

بحران‌های مالی موجب شکل‌گیری زنجیره‌ای از مشکلات اجتماعی و فرهنگی می‌شوند و سال‌هاست که از این پدیده به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری یاد می‌شود؛ ابزارهای هوش محاسباتی همچون شبکه عصبی مصنوعی می‌توانند به‌عنوان یک ابزار توانمند مدل‌سازی در این پیچیدگی‌ها به‌صورت کارا عمل کنند. از این‌رو، در این پژوهش شناسایی سیاست مالی بهینه در شرایط بحران با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی هدف‌گذاری شد.

در یک جمع‌بندی کلی، نتیجه پیاده‌سازی مدل پیشنهادی برای موردکاوی نشان داد که استفاده از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به‌عنوان پشتیبان سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه‌های مدیریت مالی می‌تواند در حل مسائل نیمه‌ساختار یافته کمک‌کننده باشد و موجب بهبود کارایی تصمیم‌گیری و توجه بیشتر به اثر بخشی آن شود. به‌نحوی که استفاده از ابزارهایی چون شبکه عصبی مصنوعی با توجه به قابلیت بالای کشف الگوهای موجود در بین داده‌ها و

تعمیم‌دهی آن‌ها به اتفاقاتی که هنوز توسط سیستم تجربه نشده است، موجب خواهد شد تا آینده‌نگاری به صورت دقیق‌تری در خصوص سیاست‌های پیش‌رو انجام گرفته و منجر به انتخاب سیاست‌های مطلوب‌تر گردد.

ضمناً مراحل طی شده در این مطالعه می‌تواند راهنمای مناسب و مفیدی برای توسعه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و حل آن دسته از مسائلی در حوزه مالی باشد که متکی بر کشف و شناسایی الگوهای موجود مابین وقایع تکرار شده در گذر زمان هستند.

مدل توسعه یافته در نقش یک سیستم خبره، بر اساس تجربیات حاصل از بحران‌های مالی قبلی، ترکیبی از سیاست‌های پولی و مالی انبساطی و سیاست اعطای بسته‌های حمایتی را مناسب‌ترین راهکار برای مقابله با بحران مالی ناشی از کرونا در سازمان‌ها و موسسات کشور ایران می‌داند.

۶. پیشنهادها و محدودیت‌ها

از آنجایی که پژوهش حاضر به بررسی بزرگترین و تاثیرگذارترین بحران‌های مالی دنیا در چند دهه اخیر پرداخته است و بحران‌های کوچکتر در جامعه آماری این پژوهش نبوده است، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران آینده بحران‌هایی که از نظر مقیاس کوچکتر بوده‌اند را مورد بررسی قرار دهند. عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل موقعیت اقتصاد کشور (شاخص ارزش واردات، شاخص ارزش صادرات، تولید ناخالص داخلی، توسعه یافتگی/نیافتگی)، موقعیت زمانی بحران و موقعیت جغرافیایی کشور بودند، از این‌رو پژوهشگران آینده می‌توانند موارد دیگری از قبیل نسبت نیروی کار به کل جمعیت کشور یا منطقه بحران‌زده، توانایی حکومت در القای آرامش به جامعه در شرایط بحران اقتصادی و سایر پارامترهایی که ممکن است در انتخاب سیاست‌های مقابله با بحران‌های مالی تاثیر داشته باشند را نیز مورد بررسی قرار دهند.

در این پژوهش از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده شده است که از آن به‌عنوان یکی از دقیق‌ترین مدل‌های پیش‌بینی یاد می‌شود. با این حال بررسی قابلیت پیش‌بینی بحران‌های مالی توسط سایر مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی از قبیل شبکه عصبی شعاعی پایه و شبکه عصبی پیشخور عمیق نیز قابل بحث است.

منابع

1. Abolhassan, H. A., & Shirazi, Z. (2011). The Economic and Social Crisis of Europe in the Third Millennium: England, France and Germany. *Journal of International Studies*, 4(17), 9-32. (In Persian)
2. Anginer, D., Bertay, A., Cull, R., Demirgüç-Kunt, A., & Mare, D. S. (2021). Bank Capital Regulation and Risk after the Global Financial Crisis. *Journal of Financial Stability*, 59 100891.
3. Bahriya, M., & Ghasemi, H. R. (2020). Consequences and Risk of Global Financial Reaction to Covid 19. *Journal of Applied Studies in Management and Development Sciences*, 6(1) 20-32. (In Persian).
4. Bakhteyarzadeh, M. J. (2009). Investigating the Causes of the 2008 US Economic Crisis and Offering Solutions. *Journal of Business Reviews*, 7(38), 50-58. (In Persian).
5. Bayani, A., Mohammadi, T., Bahrami, J., & Tavaklian, H. (2019). *Quarterly Journal of Economic Modelling*, 13(2), 45-72.
6. Bhar, R., & Malliaris, A. G., (2020). Modeling U.S. monetary policy during the global financial crisis and lessons for Covid-19. *Journal of Policy Modeling*, 43(1), 15-33.
7. Broadstock, D.; Kalok; CH, Louis, T. W.; & Wang, X. (2021). The Role of ESG Performance During Times of Financial Crisis: Evidence from COVID-19 in China. *Finance Research Letters*, 38, 101716.
8. Claessens, S., & Kose, A. (2013). *Financial Crises Explanations, Types, and Implications*. International Monetary Fund. Washington, DC.
9. Dolu, M., & Heydari, T. (2017). Predicting Stock Index Using a Combination of Artificial Neural Network and Meta-Innovative Models of Harmonic Search and Genetic Algorithm. *Financial Economics*, 11(1), 1-23. (In Persian).
10. Giampaoli, V., Karin, A., Norma, P. Luiz, S. (2016). Prediction of a Financial Crisis in Latin American Companies Using the Mixed Logistic Regression model. *Chilean Journal of Statistics*, 7, 31-41.
11. Gökçehan, H., & Waseem, A. (2014). Factors Affecting the Financial Performance of the Firms during the Financial Crisis: Evidence from Turkey. *Ege Strategic Research Journal*, 5(2), 65-80.
12. Goodell, J. (2020). COVID-19 and Finance: Agendas for Future Research. *Finance Research Letters*, 35, 101512.
13. Haghparast, A., Momeni, A., Gord, A., & Mansoori, F. (2021). Imaged Financial Ratios and Bankruptcy Prediction Using Convolutional Neural Networks. *Financial Engineering and Portfolio Management*, 46(1), 558-575. (In Persian).
14. Irvani, M. J., (2010). The Global Financial Crisis and some Strategic Proposals. *Journal of Business Management*, 1(2), 33-46. (In Persian).

15. Jena, P., Ritanjali, M., Rajesh, K., Shunsuke, M., & Babita, M. (2021). Impact of COVID-19 on GDP of Major Economies: Application of the Artificial Neural Network Forecaster. *Economic Analysis and Policy*, 69, 324-339.
16. Jeong, G., & Kim, H. (2019). Improving Financial Trading Decisions Using Deep Q-Learning: Predicting the Number of Shares, Action Strategies, and Transfer Learning. *Expert Systems with Applications*, 117, 125-138.
17. Kalkavan, H., & Ersin, I. (2019). Determination of Factors Affecting the South East Asian Crisis of 1997 Probit-Logit Panel Regression: The South East Asian Crisis. *IGI Global*, 7, 22-32.
18. Kim, H., Batten, A., & Ryu, D., (2019). Financial Crisis, Bank Diversification, and Financial Stability: OECD countries. *International Review of Economics & Finance*, 65(1), 94-104.
19. Mahmoudiazar, M., & Raei, R. (2014). Prediction of Stock Market Returns with out of Sample Data: Evaluating out of Sample Methods (Regression Method and Wavelet Neural Network). *Assets Management and Financing*, 2(2), 1-16. (In Persian).
20. Malte, J. (2020). Artificial Neural Network Regression Models in a Panel Setting: Predicting Economic Growth. *Economic Modelling*, 2(11), 1-20.
21. Mir Fakhraei, H. (2015). The EU and the Financial Crisis: Trends and Prospects. *Journal of Political Science*, 111(31), 189-223. (In Persian).
22. Mirjalili, S. H., (2017). Critique and Analysis of the Effects of the Experience of East Asian Economies in Economic Resilience. *Critical Studies in Texts & Programs of Human Sciences*, 9(52), 211-231.
23. Mirnezami, R., & Rajabi, S. (2020). Estimating the Impacts of COVID-19 on Iran Economy: Modelling Seven Scenarios. *Journal of Science and Technology Policy*, 10(2), 7-19. (In Persian).
24. Mohebbi, S., Fadaienejad, M. E., & Hamidzadeh, M. R. (2021). The Proposed Algorithm to Select Appropriate Features for Predicting Tehran Stock Exchange Index. *Financial Management Perspective*, 34(11), 1-18. (In Persian).
25. Mostafa Pour, M. (2009). The Effects of the Global Financial Crisis on the Economies of Asian Countries and the Economic Outlook of Asia during the Years (2010-2009). *Review of Economic Issues and Policies*, 9(95), 135-148. (In Persian).
26. Najafi Estamal, S., Hosseini, SH., Memarnejad, A., & Ghaffari, F. (2020). Investigating the Effect of Financial Crisis Transfer Mechanism (with Emphasis on 2008 Financial Crisis and Oil Prices) and Markov Switching Causality on Selected Indices of Iran Stock Exchange. *Journal of Financial Economics*, 55, 59-88.
27. Namazi, M., Kazemnezhad, M., & Nematollahi, M. (2016). Comparing Different Feature Selection Methods in Financial Distress Prediction of the Firms Listed in Tehran Stock Exchange. *Financial Engineering and Portfolio Management*, 7(29), 193-212. (In Persian)
28. Rostamnejad Nashli, A., Montazer Al-Qaim, A., & Fayyaz Anoush, A. (2016). A Study of Iran's Economic Policies and Challenges in the 1929 Economic Crisis; Documentary study. *Document Treasure*, 26(103), 8-38. (In Persian).

29. Salehi, M., & Fakhri Pilerood, L. (2018). Predict of Profit Management Using Neural Network. *Financial accounting and auditing*, 10(37), 1-24. (In Persian).
30. Saneifar, M., & Saeedi, P. (2020). Comparison of Complex Networks of Stock Markets and Economic Variables in the Period Before and After the Outbreak of Coronavirus (Covid-19). *Journal of Economic Modeling Research*, 10(40), 123-145. (In Persian).
31. Shakibaei, A., & Saeid, M. (2012). The Impact of the 2009-2007 Financial Crisis on the Trade Convergence of Developed Countries (Case Study: OECD). *Journal of Economics and Logic Development*, 19(4), 76-98. (In Persian).
32. Trierweiler Ribeiro, G., Santos, A. P., Cocco, A., Viviana, M., & Leandro, D.S. (2021). Novel Hybrid Model Based on Echo State Neural Network Applied to the Prediction of Stock Price Return Volatility. *Expert Systems with Applications*, 184, 115490.

استناد

قاضی‌عسگری نائینی، صبا؛ نشاط، نجمه و جعفری ندوشن، عباسعلی (۱۴۰۱). سیاستگذاری سیستم‌های مالی در شرایط بحران با مدل‌سازی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی. *چشم‌انداز مدیریت مالی*، ۱۲(۳۸)، ۱۰۳-۲۹.

Citation

Ghazi Asgari Naeini, Saba; Neshat, Najmeh & Jafari Nodoushan, Abbasali (2022). Sustainable Policy-Making of Financial Systems in Crisis Situations With Modelling Based on Artificial Neural Networks. *Journal of Financial Management Perspective*, 12(38), 103 - 129. (in Persian)
