

پیش‌بینی نرخ تورم در اقتصاد ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پویا (دیدگاه سری زمانی)

دکتر منصور زراء نژاد و شهرام حمید*

تاریخ پذیرش: 1388/3/19

تاریخ وصول: 1388/1/20

چکیده:

پیش‌بینی روند تورم برای تنظیم سیاست اقتصادی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. این نیاز موجب توجه جدی به کاربردهای مختلف برای پیش‌بینی نرخ تورم شده است؛ و بدین منظور مدل‌های پیش‌بینی گوناگونی در رقابت با یکدیگر توسعه یافته‌اند. در این مقاله شبکه‌های عصبی مصنوعی پویا برای پیش‌بینی نرخ تورم به صورت شبکه‌های چند لایه و با استفاده از داده‌های متغیرهای مورد نیاز طی دوره‌ی 86-1338 و بر اساس دیدگاه تورم سری زمانی به کمک الگوریتم‌های مختلفی از روش آموزش پس‌انتشار خطا طراحی شده‌اند. ارزیابی شبکه‌های طراحی شده برای تعیین بهترین شبکه، بر مبنای مقدار خطای پیش‌بینی انجام گردیده است. یافته‌های تحقیق نشان داد که بهترین شبکه‌ها، شبکه‌هایی هستند که با الگوریتم یادگیری لونبرگ - مارکوارت آموزش داده شوند؛ توابع فعال ساز لایه میانی آنها غیر خطی و توابع فعال ساز لایه خروجی آنها خطی باشد و تعداد نرون‌های هر لایه آنها به صورت بهینه انتخاب شود. با توجه به این شبکه، نرخ تورم در دوره‌ی 91-1387 از 21/99 تا 10/59 درصد پیش‌بینی می‌شود.

طبقه بندی *JEL*: E37، C53

واژه‌های کلیدی: نرخ تورم، شبکه‌های عصبی مصنوعی پویا، پیش‌بینی نظریه‌ی اقتصاد منطقه‌ای

* به ترتیب، استاد و کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه شهید چمران اهواز

(zarram@gmail.com)

۱- مقدمه

کارآیی نهایی هر تصمیم، به طبیعت یک دنباله از حوادث بستگی دارد که در پی آن تصمیم رخ می‌دهد. اگر بتوان جنبه‌های غیرقابل کنترل این حوادث را قبل از تصمیم‌گیری حدس زد، امکان تصمیم‌گیری بهتری به وجود می‌آید (مونتگمری و دیگران، 1375، ص 1). بنابراین، چون حوادث آینده در فرآیند تصمیم‌گیری نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند، پیش‌بینی حوادث حائز اهمیت است و هر تصمیم‌گیری آگاهانه نیاز به پیش‌بینی دارد.

در یک تعریف کلی، گمانه زنی در مورد شرایط و حوادث آینده را پیش‌بینی¹ و چگونگی انجام این عمل را پیش‌بینی کردن² می‌نامند. در تجزیه و تحلیل‌های کمی علمی، غالباً پیش‌بینی به صورت استفاده از اطلاعات حال و گذشته در قالب الگوی یک معادله‌ای، الگوی چند معادله‌ای، الگوی سری‌های زمانی یا دیگر الگوها و به کار بردن الگوی مورد نظر برای دوره‌های بعدی است. از این رو، می‌توان گفت که پیش‌بینی عبارت از برآورد احتمالی وقایع آینده بر اساس اطلاعات حال و گذشته است (پیندیک و روبینفیلد، 1370، ص 291).

به طور کلی، روش‌های پیش‌بینی به دو گروه اصلی روش‌های کمی و روش‌های کیفی تقسیم می‌شوند. برای پیش‌بینی وقایع آینده با روش کیفی، به طور کلی از نظرات و عقاید متخصصین استفاده می‌شود. معمولاً وقتی که داده‌های زمانی مربوط به گذشته به اندازه کافی در دسترس نباشد، از روش‌های پیش‌بینی کیفی استفاده می‌شود. روش‌های کیفی پیش‌بینی را می‌توان بر یک مبنای ذهنی با به کار بردن قضاوت، درک مستقیم و اطلاعات مناسب انجام داد. روش دلفی³، روش مقایسه‌ی فنی مستقل زمانی⁴، روش برآورد ذهنی⁵، روش تقابلی⁶ و روش تحقیق شکل‌شناسی⁷ از روش‌های کیفی پیش‌بینی است (شیوا، 1375، صص 18-17).

¹ Forecast

² Forecasting

³ Delphi Method

⁴ Time Independent Technological Comparisons

⁵ Curve Estimation

⁶ Cross-Impact

⁷ Morphological Research

در دسترس باشد. مدل‌های کمی پیش‌بینی به دو نوع مدل‌های تک متغیره⁸ و مدل‌های علی⁹ تقسیم می‌شوند. در مدل‌های تک متغیره تنها براساس الگوی تاریخی متغیر مورد نظر، ارزش آینده آن را پیش‌بینی می‌کنند. در مدل‌های علی با فرض ادامه داشتن الگوی تاریخی در آینده و با استفاده از روابط میان متغیر مورد نظر و سایر متغیرها، ارزش آتی متغیر مورد نظر پیش‌بینی می‌شود. در مدل‌های علی، یک متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل وجود دارد. اکثر سیستم‌های پیش‌بینی، هر دو روش کیفی و کمی را با هم به کار می‌برند. روش‌های کمی زمانی به کار گرفته می‌شوند که انتظار می‌رود الگوی داده‌ها در آینده نیز ادامه داشته باشد و از روش‌های کیفی زمانی استفاده می‌شود که انتظار می‌رود الگوی داده‌ها تغییر کند. پیش‌بینی‌های ناشی از روش‌های کمی، اغلب مورد ارزیابی ذهنی نیز قرار می‌گیرند. این ارزیابی، ممکن است منجر به اصلاح و تعدیل پیش‌بینی گردد (مونتگمری و دیگران، 1375، صص 7-10).

در روش‌های کمی تک متغیره، برای انجام عمل پیش‌بینی، داده‌های سری‌زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در یک تعریف کلی، سری‌زمانی، مجموعه‌ای از مشاهدات است که بر حسب زمان مرتب شده‌اند. به عبارتی دیگر، سری‌زمانی عبارت از توالی زمانی مشاهدات مربوط به یک متغیر معین است. برای یافتن الگویی که در فراهم کردن پیش‌بینی مورد نظر مؤثر واقع شود، داده‌های سری‌زمانی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به داده‌هایی مربوط می‌شود که مستقل نبوده و به طور متوالی به هم وابسته‌اند؛ در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، وابستگی بین مشاهدات متوالی مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرد. یکی از کاربردهای تحلیل سری‌های زمانی پیش‌بینی است که حوزه وسیعی از آمار عملی و اقتصاد کاربردی را تشکیل می‌دهد (اندرسون، 1366، صص 7-11).

در تحقیقات اقتصادی، بیشترین مدل‌های پیش‌بینی مورد استفاده، از نوع مدل‌های اقتصادسنجی بوده‌اند (آذر و رجب‌زاده، 1382، صص 90). اخیراً شبکه‌های عصبی مصنوعی¹⁰ نیز به موازات مدل‌های سنتی وارد ادبیات اقتصاد کاربردی شده

⁸ Universal Models

⁹ Causal Models

¹⁰ Artificial Neural Networks

است. اساس کار این شبکه‌ها هوش مصنوعی¹¹ است. با استفاده از هوش مصنوعی روابط بین متغیرها را هر چند که پیچیده باشند می‌توان توسط کامپیوتر فرا گرفت و از آن برای پیش‌بینی مقادیر آتی استفاده نمود. مزیت مهم مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی این است که نیازی به فروض آماری خاص در مورد رفتار متغیرها نیست. مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در یک طبقه بندی به مدل‌های ایستا¹² و پویا¹³ تقسیم می‌شوند. در مدل‌های ایستا، مسیر پردازش اطلاعات از داده‌ها به ستاده‌هاست؛ بدون اینکه بازگشتی¹⁴ در سیستم ارتباطی واحدها وجود داشته باشد. در حالی که در مدل‌های پویا، مسیرهای بازگشتی از بردار ستاده‌ها یا بردار واحدهای میانی به سمت بردار داده‌ها نیز برقرار است. این مسیرهای بازگشتی را می‌توان به متغیرهای تأخیری¹⁵ در مدل رگرسیون تشبیه نمود؛ زیرا در این حالت ستاده‌ها علاوه بر اینکه تابع داده‌ها هستند، تابع خود ستاده‌هایی هستند که در مرحله‌ی قبل ایجاد شده‌اند.

به دلیل جدید بودن این مدل‌ها و کارایی و دقت بالای آنها در پیش‌بینی، هدف این تحقیق این است که (1) مدل‌های شبکه‌های عصبی و نحوه‌ی کاربرد آنها در اقتصاد را معرفی نماید و (2) کاربرد این مدل‌ها را در ارتباط با پیش‌بینی نرخ تورم در اقتصاد ایران نشان دهد.

سؤال اصلی تحقیق این است که شبکه‌ی عصبی مناسب، در مقایسه با شبکه‌های عصبی رقیب، برای پیش‌بینی نرخ تورم ایران کدام است؟ با توجه به سؤال تحقیق، این فرضیه که شبکه‌ی عصبی طراحی شده قادر به پیش‌بینی نرخ تورم خارج از دوره آموزش شبکه با خطای کمتر از 5 درصد است، مورد آزمون قرار می‌گیرد.

2- ضرورت انجام تحقیق

تورم یک پدیده‌ی اقتصادی و اجتماعی است و باید آن را در چهره‌ی جدید دنیای امروز یکی از جلوه‌های پیچیده و غامض اقتصاد در قرن حاضر دانست. تورم به

¹¹ Artificial Intelligence (AI)

¹² Static

¹³ Dynamic

¹⁴ Recurrent

¹⁵ Delay Variable

عنوان یکی از پدیده‌های اقتصادی، همواره باعث نگرانی دولت‌مردان و صاحب‌نظران اقتصادی است. تورم که خود معلول عوامل مختلف است، موجب پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی متعددی همچون فقر، توزیع نامتناسب درآمد و گسترش مفسد مالی را فراهم می‌نماید که هر کدام به نوبه خود هزینه‌های قابل توجهی را بر اقتصاد تحمیل می‌کند. به همین دلیل، در کلیه کشورهای ثبات قیمت‌ها به عنوان هدف اصلی برنامه‌ای و سیاست‌گذاری اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. در ایران نیز یکی از مهمترین مشکلات اقتصادی طی چند دهه‌ی اخیر پدیده‌ی تورم است، به طوری که بهبود شرایط ناشی از وجود تورم همواره یکی از اهداف مهم برنامه‌های توسعه کشور بوده است. دستیابی به این هدف مستلزم ایجاد ساز و کاری دقیق و هدفمند از فرایند سیاست‌گذاری اقتصادی است که در شکل استاندارد خود، پیش‌بینی، هدف‌گذاری و تحلیل سیاستی را شامل می‌گردد. دستیابی به نرخ تورم پایین و با ثبات مستلزم توانایی استفاده از ابزارهای مؤثر و کارا در امر سیاست‌گذاری اقتصادی است. از این رو، سیاست‌گذار اقتصادی باید درک صحیحی از آثار سیاست‌های اعمال شده داشته باشد و بتواند با پیش‌بینی دقیق تورم، به تعدیل ابزارهای اقتصادی خود بپردازد. پیش‌بینی تورم در فرآیند سیاست‌گذاری اقتصادی از حساسیت زیادی برخوردار است و بر این اساس، بالا بردن دقت پیش‌بینی‌های کمی و تلفیق آن با معیارهای قضاوتی از ضروریات سیاست‌گذاری اقتصادی است؛ زیرا پیش‌بینی این امکان را می‌دهد تا بتوان میزان انحراف عملکرد مورد انتظار متغیرهای هدف، از مقادیر از قبل تعیین شده آنها را اندازه‌گیری کرد.

از این رو، اکثر دولت‌ها و بانک‌های مرکزی سیاست‌های مالی و پولی‌شان را نه صرفاً بر مبنای وضع موجود، بلکه بر مبنای پیش‌بینی‌های کوتاه مدت و بلند مدت از متغیرهای کلیدی اقتصاد از جمله تورم تدوین می‌کنند و به اجرا می‌گذارند. بدیهی است که میزان دقت پیش‌بینی این متغیرها، صرف نظر از درستی سیاست‌های مالی و پولی و تناسب آنها با شرایط موجود، شرط لازم موفقیت این سیاست‌ها به شمار می‌آید.

3- تعریف تورم و نظریات اقتصادی در خصوص منشأ تورم

صاحب نظران مختلف اقتصادی، تعاریف متفاوت و غالباً مکمل هم برای تورم ارائه کرده‌اند. با توجه به اشتراک این گونه تعاریف، می‌توان تورم را عبارت از افزایش عمومی، نامتناسب و خود افزای قیمت‌ها که غالباً مداوم و برگشت ناپذیر است، دانست.

برای توضیح تورم و علت شروع یا تداوم تورم، نظریه‌ها و دلایل مختلف و متعددی مطرح شده است که تا حدی نیز بیانگر دیدگاه‌های متفاوت اقتصاددانان است. نظریه‌ی پولی تورم¹⁶ که از حدود دو قرن پیش تحت عنوان نظریه‌ی مقداری پول¹⁷ مطرح بوده است، تنها علت تورم را تغییرات حجم پول ذکر می‌کند. بنابراین، هرگاه حجم پول در گردش، بیش از مقدار تولید افزایش یابد، باعث افزایش عمومی قیمت‌ها می‌شود. بعد از نظریه‌ی مقداری پول، پرسابقه‌ترین نظریه‌ی تورم، نظریه تورم ناشی از فشار تقاضا یا کشائی تقاضا¹⁸ است. این نظریه که با نام کینز¹⁹ پیوند خورده است، تورم را زاییده‌ی فزونی تقاضا بر عرضه‌ی کالاها و خدمات تولید شده در قیمت‌های جاری در شرایط اشتغال کامل می‌داند. نظریه‌ی تورم ناشی از فشار هزینه²⁰ (فشار دستمزد) که یکی دیگر از نظریه‌های تورم کینزی است، علت افزایش قیمت‌ها و ایجاد تورم را در افزایش پی‌درپی هزینه‌های تولید بر اثر درخواست افزایش دستمزد می‌داند. نظریه‌ی تورم ناشی از فشار هزینه (فشار قیمت مواد اولیه) علت افزایش قیمت‌ها را افزایش قیمت مواد اولیه با کاهش عرضه‌ی کل می‌داند. نظریه‌ی تورم ساختاری²¹ تورم را به دلیل وضعیت مربوط به ساختار اقتصادی، سیاسی، حکومتی، فرهنگی و مواردی از این دست می‌داند. که در توضیح آن به عواملی از قبیل کمبود زیر بناها و زیر ساخت‌های اقتصادی، گسترده بودن بخش دولتی، وجود قوانین و مقررات باز دارنده‌ی فعالیت‌های تولیدی بخش خصوصی، کسری بودجه و در حال گسترش دولت، گستردگی نامتناسب بخش خدمات با نیاز اشاره می‌نماید.

¹⁶ Inflation Monetary Theory

¹⁷ Quantity Theory of Money

¹⁸ Demand Pull

¹⁹ Keynes

²⁰ Cost Push

²¹ Structural Inflation

4- پیشینه‌ی تحقیق

کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در اقتصاد و اقتصادسنجی با مطالعه وایت²² (1988) در بازارهای مالی و پیش‌بینی قیمت سهام شرکت *IBM* آغاز شد. نتایج این مطالعه نشان داد که الگوریتم‌های حداقل‌سازی استفاده شده در اقتصادسنجی بهتر از الگوریتم‌های شبکه‌ی عصبی است؛ ولی به دلیل ساده بودن شبکه‌ی مورد استفاده، نتایج این مطالعه توسط محققان مختلف به مجادله گرفته شد (قدیمی و مشیری، 1381). مطالعات متعددی در زمینه استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی متغیرهای مختلف اقتصادی در سایر کشورها صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

چت‌فیلد²³ (1993) روش‌های آماری کلاسیک پیش‌بینی را با روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی مقایسه کرده و نتیجه گرفته است که روش شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند به عنوان یک روش رگرسیون غیر خطی به کار گرفته شود. پرتوگال²⁴ (1995) دقت پیش‌بینی تولید ناخالص بخش صنعت در برزیل را با استفاده از روش‌های شبکه‌های عصبی، مدل اجزاء غیر قابل مشاهده²⁵ و فرآیند *ARIMA*²⁶ مقایسه کرده است. نتایج تحقیق نشان داد که فرآیند *ARIMA* نسبت به مدل شبکه‌ی عصبی برتری دارد. پرتوگال بر این باور است که علت اصلی عدم موفقیت مدل شبکه‌ی عصبی در این تحقیق، عدم وجود قاعده و آزمونی مطمئن برای انتخاب ساختار مناسب شبکه‌ی عصبی است. مشیری، کامرون و اسکیز²⁷ (1999) نرخ تورم کانادا را با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه‌ی عصبی پیش‌خور سه لایه و پایه‌ی شعاعی (*RB*)²⁸ و همچنین یک مدل اقتصادسنجی ساختاری، در سه افق زمانی پیش‌بینی نموده‌اند. آنان با مقایسه‌ی مدل *BPN*²⁹ با دو مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی دیگر یعنی مدل *RBFN*³⁰ و مدل *RNN*³¹

²² Whit

²³ Chatfield

²⁴ Portugal

²⁵ Unobservable Component Model (UCM)

²⁶ Auto-Regressive Integrated Moving Average

²⁷ Moshiri, Cameron and Scuse

²⁸ Radial Basis

²⁹ Back-Propagation Neural Network

³⁰ Radial Basis Function Network

³¹ Recurrent Neural Network

پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که (1) مدل *RBFN* یک مدل ترکیبی است که غالباً جواب‌های مشابه با مدل *BPN* می‌دهد، ولی پروسه‌ی یادگیری آن سریعتر از مدل *BPN* است؛ و (2) مدل *RNN* یک مدل پویا است که اجازه می‌دهد بازخوردی از لایه‌های دیگر وارد لایه‌ی درونی شود و قادر است که رفتار پویا را از سری‌ها دریافت نماید.

بینر و گزلی³² (1999) به مقایسه‌ی مدل شبکه‌ی عصبی با نمونه‌های سنتی، با توجه به تعریف‌های مختلف از حجم پول پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که ردگیری و پیش‌بینی تورم توسط مدل شبکه‌ی عصبی، در صورتی که برای پول از تعریف M_T استفاده شود، امکان‌پذیر است. مشیری و کامرون (2000) ضمن برشمردن مزیت‌های مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی بر مدل‌های اقتصادسنجی، به مقایسه‌ی عملکرد مدل *BPN* با روش‌های آماری و روش‌های اقتصادسنجی پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل ترکیبی *BPN* به خوبی قادر به پیش‌بینی است. اولسون و موسمن³³ (2003) به مقایسه‌ی شبکه‌ی عصبی مصنوعی پس انتشار خطا با مدل لوجیت³⁴ و روش حداقل مربعات معمولی پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که شبکه‌ی عصبی مصنوعی توانایی بیشتری در شناسایی روابط غیرخطی بین متغیر وابسته و مستقل دارد و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری نیز تولید می‌نماید. مشیری (1380) به پیش‌بینی و مقایسه‌ی مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های ساختاری و سری‌زمانی در پیش‌بینی تورم ایران پرداخته است. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی در غالب موارد، عملکرد بهتری در زمینه پیش‌بینی تورم دوره آتی ایران نسبت به رقبای خود دارند. خالوزاده و خاکی (1382) با استفاده از اطلاعات سری‌زمانی قیمت و بازده سهام چند شرکت در بازار بورس تهران، به پیش‌بینی قیمت سهام و نیز ارائه‌ی مدل بهینه پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از روش‌های غیرخطی شبکه‌های عصبی مصنوعی به خودی خود و به شکل متعارف بهبود قابل ملاحظه‌ای را به دنبال ندارد. مرزبان، اکبری‌ان و جواهری (1384) مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی و برخی از الگوهای متداول در زمینه‌ی پیش‌بینی نرخ ارز را مورد آزمون و تحلیل قرار داده‌اند. نتایج به دست آمده از

³² Binner and Gazely

³³ Olson and Mossman

³⁴ Logit

مقایسه مستقیم عملکرد مدل‌های اقتصادسنجی ساختاری و سری‌زمانی با شبکه‌های عصبی و با داده‌های ماهانه، نشان داد که مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمینه‌ی پیش‌بینی نرخ ارز به وضوح از قدرت بیشتری برخوردار بود. نجفی و طرازکار (1385) میزان صادرات پسته ایران را به وسیله‌ی شبکه‌ی عصبی مصنوعی پیش‌بینی نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه‌ی عصبی پیش‌خور دارای عملکرد بهتری در مقایسه با سایر شبکه‌های عصبی و فرآیند *ARIMA* بوده و قادر است میزان صادرات پسته را دقیق‌تر پیش‌بینی نماید. کمیجانی و سعادت‌فر (1385) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به پیش‌بینی ورشکستگی اقتصادی شرکت‌های بازار بورس پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد که به‌کارگیری مدل‌های مبتنی بر شبکه‌ی عصبی مصنوعی توانایی مدیریت‌های مالی را برای مقابله با نوسان‌های اقتصادی و ورشکستگی نسبت به مدل‌های رقیب افزایش می‌دهد.

5- مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌ی عصبی مصنوعی، مدل ساده شده‌ای از یک سیستم مرکزی است که ساختار مغز انسان را الگو قرار می‌دهد و با استفاده از ساختار محاسباتی پیچیده‌ی ارتباط درون نرون‌ها،³⁵ توانایی واکنش به تغییرات و تطابق با محیط داده‌ها را به وجود می‌آورد. شبکه‌ی عصبی مصنوعی با پردازش داده‌های³⁶ موجود، دانش یا قوانین نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کند و بر اساس محاسبات بر روی داده‌های عددی یا مثال‌ها، قوانین کلی را فرا می‌گیرد.

از مهم‌ترین ویژگی‌های شبکه‌های عصبی، قابلیت یادگیری³⁷ آنها است. قابلیت یادگیری عبارت از توانایی تنظیم پارامترهای شبکه در مسیر زمان و با شرایط مختلف است؛ با این هدف که شبکه آموزش داده شده برای یک وضعیت خاص، علی‌رغم تغییرات کوچک شرایط محیطی، بتواند کارآمدی خود را حفظ نماید. پس از آموزش لازم، شبکه می‌تواند در صورت برخورد با یک ورودی جدید که در جریان آموزش با آن مواجه نشده باشد، از فرآیند درونیابی³⁸ استفاده کند و

³⁵ Neurons

³⁶ Data Processing

³⁷ Learning

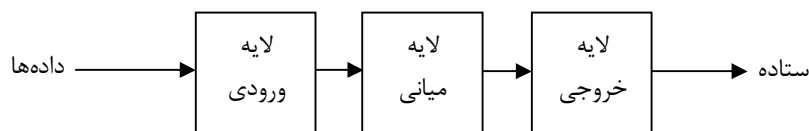
³⁸ Interpolation

خروجی³⁹ مناسبی را ارائه نماید. به عبارتی دیگر، شبکه بر اساس آموزش، الگوریتم را می‌آموزد و رابطه‌ی تحلیلی مناسبی را برای تعدادی از نقاط در فضا به دست می‌آورد (منهاج، 1384، ص 31).

شبکه‌های عصبی مصنوعی، با وجود این که با سیستم عصبی طبیعی قابل مقایسه نیستند، اما دارای ویژگی‌هایی هستند که آنها را در زمینه‌های تشخیص الگو،⁴⁰ رباتیک،⁴¹ مدل سازی،⁴² کنترل،⁴³ طبقه بندی،⁴⁴ شناسایی،⁴⁵ پیش‌بینی⁴⁶ و بهینه سازی⁴⁷ در کاربردهای مختلف فنی،⁴⁸ مالی،⁴⁹ امنیتی،⁵⁰ ساخت وسایل صنعتی،⁵¹ پزشکی،⁵² حمل و نقل⁵³ و به طور کلی همه‌ی مواردی که نیاز به یادگیری خطی یا غیر خطی باشد، منحصر به فرد کرده است (منهاج، 1384، صص 35-39).

ساختار کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی شامل لایه‌ی ورودی،⁵⁴ لایه‌ی میانی⁵⁵ و لایه‌ی خروجی⁵⁶ است (کارتالوپولوس،⁵⁷ 1382، صص 81-82).

نمودار 1: ساختار کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی



- ³⁹ Output
⁴⁰ Pattern Recognition
⁴¹ Robotic
⁴² Modelling
⁴³ Control
⁴⁴ Classification
⁴⁵ Identify
⁴⁶ Forecast
⁴⁷ Optimize
⁴⁸ Technical
⁴⁹ Fiscal
⁵⁰ Security
⁵¹ Industrial
⁵² Medical
⁵³ Transportation
⁵⁴ Input Layer
⁵⁵ Hidden Layer
⁵⁶ OutPut Layer
⁵⁷ Kartalopoulos

در این ساختار، نرون کوچک‌ترین واحد پردازشگر اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد (بیل و جکسون،⁵⁸ 1383، ص 5). واحد دیگری از مجموعه محاسباتی شبکه‌های عصبی مصنوعی، تابع فعال ساز⁵⁹ است که براساس نیاز خاص حل مسأله انتخاب می‌شود (منهاج، 1384، ص 43 و زراءنژاد و دیگران، 1387).

مشخصات اساسی شبکه‌های عصبی را می‌توان توسط ساختار آنها و خصوصیات عملیاتی یا دینامیکی آنها تقسیم کرد. ساختار⁶⁰ شبکه تعیین می‌کند که شبکه از چند نرون تشکیل یافته است و این نرون‌ها چگونه در شبکه قرار گرفته و به چه شکل به هم دیگر متصل شده‌اند. شبکه‌های عصبی از تعداد زیادی از نرون‌های به هم پیوسته یا واحدهای پردازشگر⁶¹ تشکیل شده‌اند. نرون‌ها دارای مشخصات اساسی چون سیگنال‌های ورودی،⁶² قدرت سیناپسی،⁶³ پیوندهای فعال کننده،⁶⁴ سیگنال‌های خروجی⁶⁵ و آستانه نرون⁶⁶ هستند. دینامیک نرون،⁶⁷ ویژگی‌های شبکه‌های عصبی را تعیین می‌کند و در واقع نشان می‌دهد که یک شبکه عصبی مصنوعی چگونه یاد می‌گیرد؛ چگونه اطلاعات جدید را با دانش از پیش آموخته خود مقایسه می‌کند؛ چگونه اطلاعات را طبقه بندی می‌کند؛ چگونه یک الگوی ذخیره شده را فراخوانی می‌کند؛ و چگونه می‌تواند در صورت نیاز تعداد طبقات طبقه بندی خود را افزایش دهد. پردازش در شبکه‌های عصبی مصنوعی بر اساس تجزیه موازی⁶⁸ اطلاعات پیچیده به عناصر اصلی آنها صورت می‌گیرد؛ یعنی یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی با تجزیه اطلاعات به عناصر پایه و با حفظ آن عناصر و روابط حاکم بین آنها در حافظه، آن اطلاعات را می‌آموزد (کارتالوپولس، 1382، صص 63-64).

⁵⁸ Beale and Jackson

⁵⁹ Activation Function

⁶⁰ Architecture

⁶¹ Processing Elements

⁶² Input Signal

⁶³ Synaptic Power

⁶⁴ Excitatory Junction

⁶⁵ Output Signal

⁶⁶ Neuron Threshold

⁶⁷ Neurodynamics

⁶⁸ Parallel Decomposition

در یک تقسیم بندی ساختاری، شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان به دو دسته تک لایه و چند لایه تفکیک کرد. در یک شبکه تک لایه به تعداد خروجی‌ها، نرون وجود دارد که همگی در یک لایه و به موازات هم کار می‌کنند (پیکتن،⁶⁹ 1383، صص 51-56). در شبکه‌های عصبی مصنوعی چند لایه، چندین لایه‌ی مخفی بین ورودی و لایه‌ی خروجی قرار دارد. تعداد لایه‌های میانی در شبکه‌های چند لایه با توجه به صورت مسأله و به انتخاب طراح بستگی دارد. اما باید توجه داشت که با افزایش تعداد لایه‌های شبکه، حجم محاسبات به شدت افزایش می‌یابد و مدت زمان آموزش و یادگیری شبکه طولانی‌تر می‌شود. در شبکه‌های عصبی مصنوعی، وظیفه‌ی طراح شبکه، انتخاب کارآمدترین روش آموزش برای شبکه طراحی شده است. روش‌های آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی شامل یادگیری با ناظر⁷⁰ (سرپرستی شده)، یادگیری تشدید⁷¹ (تقویتی) و یادگیری بدون ناظر⁷² (سرپرستی نشده) است. از طرفی دیگر، الگوریتم یادگیری، ابزاری ریاضی است که به وسیله آن شیوه و سرعت آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی برای رسیدن به حالت ماندگار و تعدیل مناسب پارامترهای شبکه انجام می‌گردد. از جمله الگوریتم‌های یادگیری، می‌توان به الگوریتم هیبین،⁷³ رقابتی،⁷⁴ تصحیح خطا،⁷⁵ تقویتی،⁷⁶ احتمالی⁷⁷ و پس انتشار خطا⁷⁸ اشاره نمود (کارتالوپولس، 1382، صص 71-78).

در بین انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی، پرسپترون از جمله کاربردی‌ترین شبکه‌ها هستند که قادر است با انتخاب مناسب تعداد لایه‌ها و سلول‌های عصبی و نیز انتخاب درست الگوریتم یادگیری، یک برآورد غیر خطی را با دقت دلخواه انجام دهد (منهاج، 1384، صص 53). در شبکه‌های عصبی پرسپترون هر نرون در هر لایه به تمامی نرون‌های لایه‌ی قبل متصل است (منهاج، 1384، صص 499-500).

⁶⁹ Picton

⁷⁰ Supervised Learning

⁷¹ Reinforcement Learning

⁷² Unsupervised Learning

⁷³ Hebbian

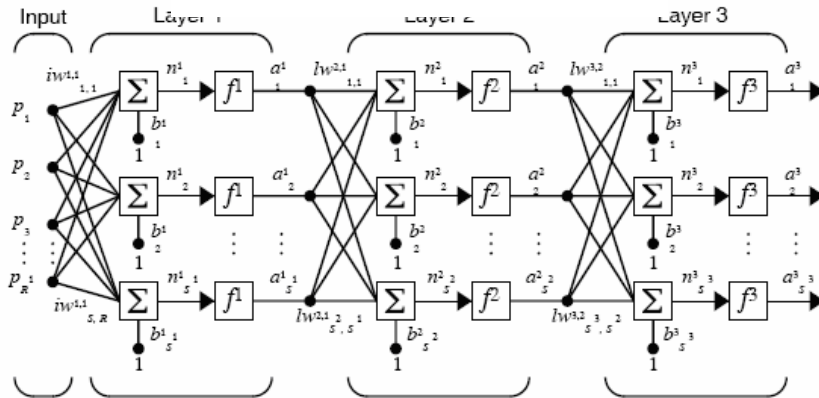
⁷⁴ Competitive

⁷⁵ Error Correction

⁷⁶ Reinforcement

⁷⁷ Probabilistic

⁷⁸ Back Propagation (BP)

نمودار 2: شبکه سه لایه با k نرون در هر لایه

هر نرون در شبکه چند لایه پرسپترون دو محاسبه انجام می‌دهد. در محاسبه‌ی اول، سیگنال تابعی را محاسبه می‌کند؛ و در محاسبه‌ی دوم، تخمین لحظه‌ای منحنی خطا را نسبت به پارامترهایی که ورودی نرون را به خود نرون متصل می‌کند، ارائه می‌دهد (منهاج، 1384، صص 501-502).

طراحی و ساختن شبکه‌های عصبی مصنوعی طولانی‌تر از طراحی مدل‌های دیگر برای پیش‌بینی است؛ زیرا طراح شبکه‌های عصبی مصنوعی، علاوه بر انتخاب مجموعه‌ای از متغیرهای ورودی، باید ساختمان شبکه‌ای با بهترین پیش‌بینی را با آزمون و خطا شناسایی کند. یکی از مشکلات پیش‌بینی با شبکه‌های عصبی، برازش بیش از حد است. این مشکل وقتی بروز می‌کند که خطای آموزش شبکه در حد بسیار پایین و خطای آزمون شبکه زیاد باشد. مشکل برازش بیش از حد، در ارتباط با طراح شبکه، نقص در معماری شبکه، یا در اثر پیچیدگی مسأله مورد بررسی بروز می‌کند. برای جلوگیری از مشکل برازش بیش از حد، راه‌هایی از جمله کم کردن تعداد یادگیری، انتخاب نرون‌های مخفی کمتر در معماری شبکه و استفاده از قاعده توقف زود هنگام⁷⁹ با استفاده از داده‌های اعتبار سازی⁸⁰ است (آقایی و پورمیری، 1385، صص 138-142).

⁷⁹ Early Stopping

⁸⁰ Validation

6- طراحی شبکه‌ی عصبی مصنوعی و تجزیه و تحلیل نتایج

طبق دیدگاه مدل‌های سری‌های زمانی، تورم را می‌توان صرفاً تابعی از مقادیر گذشته خود تورم در نظر گرفت. به عبارتی دیگر، مقادیر سطح تورم در دوره‌های قبل حاوی کلیه‌ی اطلاعات لازم مربوط به عوامل تعیین کننده‌ی تورم است و می‌تواند تورم دوره‌ی جاری را به خوبی توضیح دهد و مقادیر آتی آن را پیش‌بینی نماید. بنابراین، ورودی‌های مورد استفاده شبکه، داده‌های مربوط به شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی (مبنای محاسبه‌ی نرخ تورم در ایران) خواهد بود که از شماره‌های مختلف مجله بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج شده است. از داده‌های سالانه شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی 46 سال (83-1338) برای آموزش شبکه و از داده‌های 3 سال دیگر (86-1384) برای آزمون شبکه استفاده می‌شود. البته، برای جلوگیری از اشباع شبکه و گرفتار نشدن شبکه در نقطه حداقل محلی، معمولاً داده‌ها در بازه $[1, 0]$ یا $[1, -1]$ نرمال سازی می‌شوند. در این مقاله داده‌ها با استفاده از رابطه‌ی زیر در بازه $[1, -1]$ نرمال سازی شده است.

$$X_n = \frac{2(X_{actual} - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \quad (3)$$

در رابطه‌ی فوق، X_n نشانگر مقدار نرمال شده داده، X_{actual} مقدار واقعی داده، X_{min} مقدار حداقل داده و X_{max} مقدار حداکثر داده است. قابل ذکر است که در روش فوق نرم افزار *MATLAB*، هر نرون ورودی را یک متغیر در نظر می‌گیرد. در واقع نرم افزار *MATLAB*، عمل نرمال سازی را برای هر متغیر به طور جداگانه انجام می‌دهد.

در این شبکه یک لایه‌ی میانی در نظر گرفته شده است. تعداد نرون‌های مخفی (در لایه‌ی میانی) و وقفه‌های بهینه سری زمانی از روش آزمون و خطا مشخص شده است. مدل طراحی شده برای آزمون، پس از آموزش لازم باید یک دوره‌ی سه ساله که شامل نرخ تورم سال‌های 86-1384 را به صورت پویا پیش‌بینی کند.

نتایج ده مدل منتخب شبکه‌ی عصبی مصنوعی همراه با مشخصات نرون‌های لایه‌های مختلف، وقفه‌ها و متوسط خطای پیش‌بینی نرخ تورم در هر

شبکه در سه جدول زیر به تفکیک نوع الگوریتم آموزش هر دسته آورده شده است. در طراحی این شبکه‌های عصبی مصنوعی از 4 الی 6 نرون ورودی که تنها شامل وقفه‌های شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی است، استفاده شده است. آزمون‌های مختلفی برای اطمینان از بهینه بودن این تعداد وقفه انجام گرفته است. یک لایه میانی و یک خروجی برای هر مرحله در نظر گرفته شده است که سه بار تکرار می‌شود و در هر مرحله، نرخ تورم یک سال را پیش‌بینی می‌کند. این شبکه‌ها با الگوریتم‌های آموزش کونجوگیت گرادیان،⁸¹ کوشی - نیوتن⁸² و لونبرگ - مارکوارت⁸³ تعلیم داده شده‌اند.

⁸¹ Conjugate Gradient

⁸² Quasi-Newton

⁸³ Levenberg-Marquard

جدول 1: خروجی ده شبکه‌ی عصبی مصنوعی منتخب آموزش دیده با الگوریتم کونجوگیت گرادینان

ردیف	تعداد نرون‌های هر لایه (خروجی - میانی - ورودی)	مقدار بیش‌بینی شده	مقدار واقعی	خطای بیش‌بینی هر سال (درصد)	متوسط خطای دوره بیش‌بینی (درصد)
1	(4-1-1)	10/7344	10/3500	3/7138	14/5800
	(4-1-1)	9/2889	11/8713	21/7535	
	(4-1-1)	15/0721	18/4420	18/2728	
2	(4-2-1)	11/0655	10/3500	6/9132	5/7654
	(4-2-1)	12/4559	11/8713	4/9246	
	(4-2-1)	17/4354	18/4420	5/4584	
3	(4-3-1)	10/3838	10/3500	0/3265	4/0376
	(4-3-1)	12/4537	11/8713	4/9057	
	(4-3-1)	17/1731	18/4420	6/8805	
4	(5-1-1)	10/0493	10/3500	2/9054	7/7851
	(5-1-1)	9/9567	11/8713	16/1277	
	(5-1-1)	19/2391	18/4420	4/3220	
5	(5-2-1)	12/0770	10/3500	16/6860	8/9610
	(5-2-1)	18/8010	11/8713	7/8309	
	(5-2-1)	18/0056	18/4420	2/3663	
6	(5-3-1)	11/3551	10/3500	9/7109	6/7103
	(5-3-1)	12/3912	11/8713	4/3796	
	(5-3-1)	17/3280	18/4420	6/0404	
7	(6-1-1)	10/7945	10/3500	4/2943	12/7119
	(6-1-1)	9/9912	11/8713	15/8377	
	(6-1-1)	15/1218	18/4420	18/0036	
8	(6-2-1)	10/0462	10/3500	2/9349	3/5182
	(6-2-1)	11/0239	11/8713	7/1380	
	(6-2-1)	18/3532	18/4420	0/4816	
9	(6-3-1)	9/8538	10/3500	4/7946	6/7621
	(6-3-1)	12/6055	11/8713	6/1847	
	(6-3-1)	16/7256	18/4420	9/3070	
10	(6-4-1)	10/9308	10/3500	5/6117	2/1679
	(6-4-1)	11/7784	11/8713	0/7828	
	(6-4-1)	18/4219	18/4420	0/1090	

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول 2: خروجی ده شبکه‌ی عصبی مصنوعی منتخب آموزش دیده با الگوریتم کوشی - نیوتن

ردیف	تعداد نرون‌های هر لایه (خروجی - میانی - ورودی)	مقدار پیش‌بینی شده	مقدار واقعی	خطای پیش‌بینی هر سال (درصد)	متوسط خطای دوره پیش‌بینی (درصد)
1	(4-1-1)	10/8111	10/3500	4/4548	10/4388
	(4-1-1)	10/0874	11/8713	15/0271	
	(4-1-1)	16/2595	18/4420	11/8346	
2	(4-2-1)	11/0134	10/3500	6/4096	3/6008
	(4-2-1)	12/2728	11/8713	3/3818	
	(4-2-1)	18/2556	18/4420	1/0110	
3	(4-3-1)	11/1821	10/3500	8/0395	4/6993
	(4-3-1)	11/2180	11/8713	5/5032	
	(4-3-1)	18/3396	18/4420	0/5553	
4	(5-1-1)	10/9564	10/3500	5/8592	10/8002
	(5-1-1)	10/2665	11/8713	13/5188	
	(5-1-1)	16/0404	18/4420	13/0227	
5	(5-2-1)	10/1985	10/3500	1/4637	0/7827
	(5-2-1)	11/7958	11/8713	0/6364	
	(5-2-1)	18/3963	18/4420	0/2479	
6	(5-3-1)	10/2968	10/3500	0/5142	0/2433
	(5-3-1)	11/8651	11/8713	0/0520	
	(5-3-1)	18/4722	18/4420	0/1638	
7	(6-1-1)	11/1300	10/3500	7/5360	9/1538
	(6-1-1)	10/3837	11/8713	12/5308	
	(6-1-1)	17/0783	18/4420	7/3945	
8	(6-2-1)	10/9522	10/3500	5/8186	2/8423
	(6-2-1)	12/1928	11/8713	2/7080	
	(6-2-1)	18/4421	18/4420	0/0003	
9	(6-3-1)	10/8109	10/3500	4/4533	3/0952
	(6-3-1)	11/9525	11/8713	0/6839	
	(6-3-1)	17/6770	18/4420	4/1483	
10	(6-4-1)	10/5103	10/3500	1/5489	1/8205
	(6-4-1)	11/6360	11/8713	1/9821	
	(6-4-1)	18/7981	18/4420	1/9307	

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول 3: خروجی ده شبکه‌ی عصبی مصنوعی منتخب آموزش دیده با الگوریتم لونیبرگ - مارکوارت

ردیف	تعداد نرون‌های هر لایه (خروجی - میانی - ورودی)	مقدار پیش‌بینی شده	مقدار واقعی	خطای پیش‌بینی هر سال (درصد)	متوسط خطای دوره پیش‌بینی (درصد)
1	(4-1-1)	11/0332	10/3500	6/6006	11/2604
	(4-1-1)	10/1690	11/8713	14/3401	
	(4-1-1)	16/0740	18/4420	12/8403	
2	(4-2-1)	10/4340	10/3500	0/8120	0/8028
	(4-2-1)	11/9875	11/8713	0/9783	
	(4-2-1)	18/3280	18/4420	0/6181	
3	(4-3-1)	10/4233	10/3500	0/7082	0/2379
	(4-3-1)	11/8707	11/8713	0/0056	
	(4-3-1)	18/4420	18/4420	0/0000	
4	(5-1-1)	11/0403	10/3500	6/6694	10/3401
	(5-1-1)	10/3849	11/8713	12/5207	
	(5-1-1)	16/2603	18/4420	11/8301	
5	(5-2-1)	10/4673	10/3500	1/1332	0/6757
	(5-2-1)	11/8999	11/8713	0/2406	
	(5-2-1)	18/5625	18/4420	0/6534	
6	(5-3-1)	10/5389	10/3500	1/8250	0/8588
	(5-3-1)	11/7917	11/8713	0/6706	
	(5-3-1)	18/4569	18/4420	0/0807	
7	(6-1-1)	11/0652	10/3500	6/9097	9/8409
	(6-1-1)	10/6607	11/8713	10/1978	
	(6-1-1)	16/1524	18/4420	12/4153	
8	(6-2-1)	10/4011	10/3500	0/4934	0/2706
	(6-2-1)	11/9079	11/8713	0/3080	
	(6-2-1)	18/4439	18/4420	0/0103	
9	(6-3-1)	10/3664	10/3500	0/1581	0/0935
	(6-3-1)	11/8599	11/8713	0/0966	
	(6-3-1)	18/4372	18/4420	0/0259	
10	(6-4-1)	10/3384	10/3500	0/1119	0/0825
	(6-4-1)	11/8710	11/8713	0/0028	
	(6-4-1)	18/4175	18/4420	0/1329	

مأخذ: نتایج تحقیق

در شبکه‌هایی که با استفاده از الگوریتم کونجوگیت گرادیان آموزش دیده‌اند، حداقل متوسط خطای پیش‌بینی دوره‌ی 86-1384 مقدار 2/1679 درصد است. در شبکه‌هایی که با استفاده از الگوریتم کوشی-نیوتن آموزش دیده‌اند، کمترین مقدار متوسط خطای پیش‌بینی دوره‌ی 0/2433 درصد است. اما در شبکه‌هایی که با الگوریتم لونیبرگ-مارکوارت آموزش دیده‌اند، کمترین مقدار متوسط خطای پیش‌بینی دوره‌ی 0/0825 درصد است که این میزان متوسط خطا

از متوسط خطای هر دو گروه شبکه‌های قبلی بسیار کمتر است. از طرفی دیگر، با توجه به ارقام جدول‌های شبکه‌های منتخب، میزان پراکندگی خطاهای پیش‌بینی نرخ تورم با الگوریتم‌های مختلف را می‌توان به صورت جدول زیر جمع بندی نمود.

جدول 4: پراکندگی خطای پیش‌بینی (86-1384) شبکه‌های آموزش دیده با الگوریتم‌های مختلف

الگوریتم‌های یادگیری		خطای پیش‌بینی			
		0-%2	2-%5	5-%10	بیشتر از 10%
کونجوگیت گرادیان	تعداد	4	10	10	6
	درصد	13/34%	33/33%	33/33%	20%
کوشی - نیوتن	تعداد	13	5	7	5
	درصد	43/34%	16/66%	23/34%	16/66%
لونیبرگ - مارکوارت	تعداد	21	0	3	6
	درصد	70%	0%	10%	20%

مأخذ: نتایج تحقیق

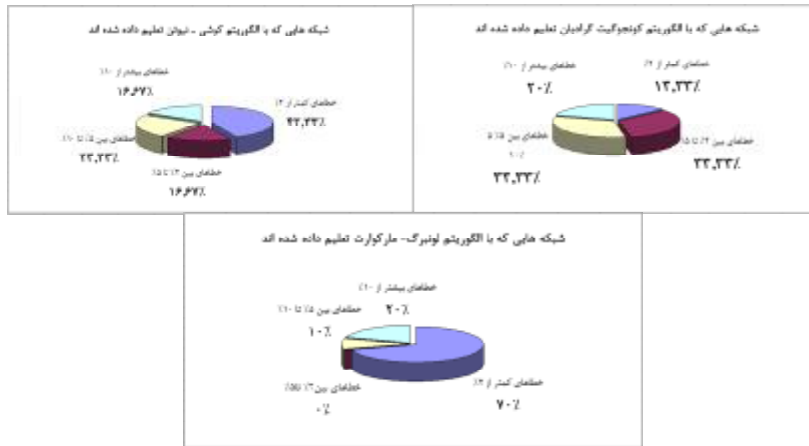
برای سهولت مقایسه، مقادیر ارائه شده در جدول (4) را به صورت نمودار نمایش می‌دهیم.

همان گونه که از جدول‌های خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی شده‌ی (1) تا (3)، جدول میزان پراکندگی خطاها و نمودار (2) مشخص است، شبکه ردیف دهم جدول 3 قادر به ارائه بهترین پیش‌بینی نرخ تورم سال‌های 86-1384 به صورت پویا است. این شبکه دارای 6 نرون ورودی و 4 نرون در لایه میانی است؛ تعداد دفعات تکرار آن 93 و هدف خطای نهایی تعریف شده برای آن برابر با صفر است. این شبکه از تابع فعال ساز سیگموئید⁸⁴ در لایه میانی، و از تابع فعال ساز خطی⁸⁵ برای لایه خروجی و از الگوریتم یادگیری لونیبرگ - مارکوارت بهره می‌گیرد.

⁸⁴ Sigmoid Activation Function

⁸⁵ Linear Activation Function

نمودار 3: مقایسه‌ی پراکندگی خطاهای پیش‌بینی شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی شده



با توجه به کار آمدی این شبکه، می‌توان نرخ تورم را برای دوره‌ی 91-1387 به صورت جدول زیر پیش‌بینی کرد.

جدول 5: پیش‌بینی نرخ تورم توسط شبکه‌ی عصبی مصنوعی منتخب

سال	1387	1388	1389	1390	1391
نرخ تورم	%21/99	%15/07	%12/73	%8/29	%10/59

7- جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق برای پیش‌بینی نرخ تورم در اقتصاد ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به طراحی و نوشتن برنامه‌های مجزا و تکمیلی در محیط نرم افزار *MATLAB* که با الگوریتم‌های مختلفی آموزش دیده‌اند، پرداخته شده است. در هر مرحله برای انتخاب بهترین شبکه، خطاها و میزان پراکندگی جواب‌ها محاسبه گردید. یافته‌های تحقیق نشان داد که بهترین شبکه که بر اساس دیدگاه سری زمانی طراحی شود، شبکه‌ای است که (1) دارای 6 نرون در لایه‌ی ورودی، (2) 4 نرون در لایه‌ی میانی، (3) تعداد دفعات تکرار 93، (4) هدف خطای نهایی تعریف شده برای آن برابر صفر، (5) با الگوریتم لونیگ-مارکوات آموزش داده شود، (6)

توابع فعال ساز لایه میانی آن سیگموئید و (7) توابع فعال ساز لایه‌ی خروجی آن خطی باشد.

از آنجا که در دیدگاه سری زمانی وظیفه پیش بینی متغیرهای اقتصادی به عهده خود سری زمانی گذاشته می‌شود، به محقق اجازه تعیین سهم سایر عوامل مؤثر در تغییرات متغیر مورد نظر داده نمی‌شود و مدل طراحی شده بر اساس این دیدگاه تنها به فراگیری و مطالعه داده‌های گذشته متغیر خواهد پرداخت. لذا اگر خطایی در داده‌های گذشته باشد یا رخ دهد، مدل بر اساس ورودی خود مقادیر آتی را پیش بینی خواهد کرد؛ و خطاهای مقادیر گذشته را به مقادیر آینده منتقل می‌کند.

8- پیشنهادها

به دلیل اینکه اگر ورودی‌های شبکه، یعنی متغیرهای تأثیر گذار بر متغیری که خواستار پیش بینی رفتار آن هستیم بر اساس یک تئوری اقتصادی انتخاب شوند نتایج بهتر و مطمئن‌تر به دست خواهد آمد، پیشنهاد می‌شود که شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی شود که به جز وقفه‌های شاخص قیمت‌ها (یا نرخ تورم) شامل دیگر متغیرهای تأثیر گذار بر نرخ تورم مانند حجم نقدینگی، تولید، شاخص قیمت کالاهای وارداتی و نرخ ارز باشد. یا اینکه با استفاده از مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی، یک سیستم هوشمند برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری طراحی شود که در آن متغیرهای تأثیر گذار به صورت هوشمند تشخیص داده شوند و با استفاده از آنها پیش‌بینی را انجام دهد.

فهرست منابع:

- آذر، عادل و علی رجب زاده. (1382). ارزیابی روش‌های پیش‌بینی ترکیبی: با رویکردهای شبکه‌های عصبی-کلاسیک در حوزه اقتصاد. مجله تحقیقات اقتصادی، 63: 114-87.
- اندرسون، الیور. (1366). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و پیش‌بینی. ترجمه‌ی ابوالقاسم بزرگ‌نیا. مشهد: معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. مجله بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی. شماره‌های مختلف.
- بیل، آر. و تی. جکسون. (1383). آشنایی با شبکه‌های عصبی. ترجمه‌ی محمود البرزی. تهران: موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- پکتن، فیلیپ. (1383) شبکه‌های عصبی (اصول و کارکردها). ترجمه‌ی مهدی غضنفری و جمال ارکات. تهران: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- پیندیک، رابرت و دانیل روبینفیلد. (1370). الگوهای اقتصاد سنجی و پیش‌بینی‌های اقتصادی. ترجمه‌ی محمد امین کیانیان. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- خالوزاده، حمید و علی خاکی. (1382). ارزیابی روش‌های پیش‌بینی قیمت سهام و ارائه مدلی غیر خطی بر اساس شبکه‌های عصبی. مجله تحقیقات اقتصادی، 63: 85-43.
- زراءنژاد، منصور، علی فقه مجیدی و روح‌ا... رضایی. (1387). پیش‌بینی نرخ ارز با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل *ARIMA*. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، 45(4): 105-128.
- شالکف، رابرت جی. (1382). شبکه‌های عصبی مصنوعی. ترجمه‌ی محمود جورابیان، طناز زارع و امید استوار. اهواز: انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- شیوا، رضا. (1375) پیش‌بینی سری‌های زمانی. تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- قدیمی، محمد رضا و سعید مشیری. (1381). مدل سازی و پیش‌بینی رشد اقتصادی در ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN). پژوهش‌های اقتصادی ایران، 12: 125-97.
- کارتالوپولس، اس. وی. (1382). منطق فازی و شبکه‌های عصبی. ترجمه‌ی محمود جورابیان و رحمت‌الله هوشمند. اهواز: انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- کمیحانی، اکبر و جواد سعادت فر. (1385). کاربرد مدل‌های شبکه عصبی در پیش‌بینی ورشکستگی اقتصادی شرکت‌های بازار بورس. دو فصلنامه جستارهای اقتصادی، 6: 44-11.

مشیری، سعید. (1380). پیش بینی تورم ایران با استفاده از مدل‌های ساختاری، سری‌های زمانی، و شبکه‌های عصبی. مجله تحقیقات اقتصادی، 58: 147-184.
منهاج، محمد باقر. (1384). مبانی شبکه‌های عصبی. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

مونتگمری، دوگلاس سی. و لینوود آ. جانسون و جان اس. گاردینر. (1375). پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی. ترجمه‌ی محمد تقی فاطمی قمی. تهران: موسسه انتشارات امیر کبیر.

نجفی، بهاء الدین و محمد حسن طراز کار. (1385). پیش بینی میزان صادرات پسته ایران: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی. پژوهشنامه بازرگانی، 39: 191-214.

Chat F. (1989). *The Analysis of Time Series: An Introduction*. London: Champan and Hall.

Demuth, H. & M. Beale. (2000). *Neural Network Toolbox For Use With MATLAB*, COPYRIGHT 1992 - 2000 by The MathWorks, Inc.

Binner, M. J. & M.A. Gazely. (1999). A Neural Network Approach to Inflation Forecasting: The Case of Italy, *Global Business and Economic Review*, 1(1): 76-92.

Mehra, Y. P. (1988). The Forecast Performance of Alternative Models of Inflation. *Federal Reserve Bank of Richmond*, 74: 10-18.

Moshiri, S., N. Cameron & D. Scuse. (1999). Static, Dynamic, and Hybrid Neural Networks In Forecasting Inflation. *Computational Economic*, 14: 219-235.

Moshiri, S. & N. Cameron. (2000). Neural Network vs. Econometric Models in Forecasting Inflation. *Journal of Forecasting*, 19: 201-217.

Olson, D. & C. Mossman. (2003). Neural Networks of Canadian Stock Returns Using Accounting Ratios. *International Journal of Forecasting*, 19: 453-465.

Portugal, N. S. (1995). *Neural Networks Versus Time Series Methods: A Forecasting Exercises*, 14th International Symposium on Forecasting, Sweden.

Stockton, D. J. & C. S. Struckmeyer. (1987). An Evaluation of the Forecast Performance of Alternative Models of Inflation. *The Review of Economics and Statistic*, 69: 17-108.