

## کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی فرآیندهای تجاری و مدیریتی و مقایسه با مدل‌های غیر خطی مطالعه موردی: صنعت چوب ایران

مهدی کاظمی\*  
علی اکبر نیک‌نفس\*\*  
وحید رنجبر\*\*\*

### چکیده

ماهیت روابط تشریح‌کننده بسیاری از فرآیندهای واقعی زندگی به ویژه در حوزه‌های تجاری و مدیریتی اغلب غیر خطی هستند. لذا پیش‌بینی رفتار چنین فرآیندهایی نیازمند ابزارهای دقیق و اثر بخش است. شبکه‌های عصبی مصنوعی<sup>۱</sup> قادرند به عنوان یک ابزار مهم مدل‌سازی در پیش‌بینی مسائل کسب و کار، تقایص مدل‌های معمول را جبران نمایند. هدف مقاله حاضر نشان دادن برتری شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی فرآیندهای غیر خطی در مقایسه با سایر مدل‌های پیش‌بینی است. بدین منظور در این مقاله داده‌های مربوط به صنعت چوب ایران شامل مقدار تولیدات، مقدار واردات و ارزش ارزی واردات از سال ۱۹۶۱ تا سال ۲۰۰۷ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته است. ابتدا با استفاده از این داده‌ها و اعمال شبکه عصبی و مدل‌های غیر خطی به دست آمده از نرم افزار MATLAB، پیش‌بینی‌هایی در مورد صنعت چوب ایران انجام شد و سپس با توجه به شاخص میانگین مطلق درصدی خطا (MAPE)<sup>ii</sup> نتایج به دست آمده از روش‌های مزبور با هم مقایسه شدند. یافته‌های تحقیق حاکی از موفقیت چشمگیر شبکه عصبی در هر سه مطالعه صورت گرفته نسبت به مدل‌های غیر خطی به دست آمده از نرم افزار MATLAB می‌باشد.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی، شبکه عصبی، فرآیندهای غیر خطی

\* استادیار گروه مدیریت دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. (مسئول مکاتبات) mehdykazemi@gmail.com

\*\* استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

\*\*\* کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات دانشگاه سیستان و بلوچستان

## مقدمه

فرآیندهای واقعی زندگی اغلب غیر خطی هستند. پیش بینی چنین فرآیندهایی ابزارهای قوی و موثری را طلب می‌کند. با این حال تحقیقات اندکی در زمینه ارائه روش‌های پیش بینی برای مدل‌های غیر خطی صورت گرفته است [۴]. چافیلد [۳] و ارد [۱۶] لزوم انجام تحقیقات در حوزه فرآیندهای غیر خطی را مطرح کردند ولی با گذشت بیست سال از آن زمان هنوز هم مطالعات جدی در زمینه پیش بینی‌های غیر خطی صورت نگرفته است. غیاثی و نانگو [۸] و فادلای [۶] کمبود تحقیقات تجربی قوی در مورد الگوریتم‌های پیش بینی و فقدان راه حل‌های نرم افزاری را دو عامل اصلی در این ارتباط معرفی کردند. رویکردهای معمول شامل رگرسیون‌های خطی چند گانه<sup>iii</sup>، رگرسیون‌های غیرخطی<sup>iv</sup> و دیگر روش‌های خاص نظیر ARIMA، ARFIMA، SETAR، و غیره هستند.

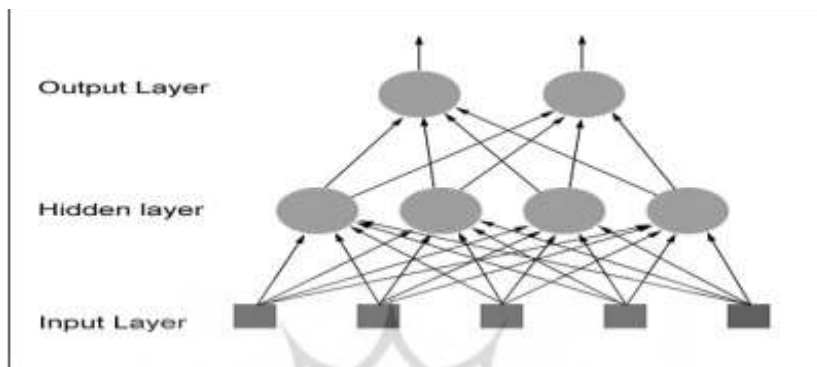
به اعتقاد مایر و دندی، هیچ مدل خطی به تنهایی بهترین نیست و این امر می‌تواند به عنوان شکست مدل‌های خطی در رویارویی با مسائل واقعی زندگی که از درجات مختلف غیر خطی بودن برخوردارند تفسیر شود [۱۳]. ماهیت غیر خطی ساختار شبکه‌های عصبی می‌تواند در استخراج روابط غیر خطی موجود در مسائل واقعی روزمره بسیار مفید باشد. به عنوان مثال توانایی شبکه‌های عصبی در مدل سازی سری‌های زمانی خطی توسط محققین بسیاری مورد مطالعه و تایید قرار گرفته است [۱۰، ۱۵، ۱۹]. شبکه‌های عصبی مدل‌های ناپارامتریک مبتنی بر داده<sup>v</sup> هستند و بسیاری از فرض‌های محدود کننده برای انجام فرآیند تحلیل داده‌ها را ندارند. از این جهت نسبت به مدل‌های پارامتریک از احتمال خطای کمتری برای تعیین مدل‌های مورد نظر برخوردارند. همچنین از نظر ریاضی اثبات شده است که شبکه‌های عصبی از توانایی بالقوه برای تقریب توابع کلی برخوردارند. آنها قادرند بسیاری از روابط تابعی پیچیده را کشف نمایند. این یک ویژگی مهم و اساسی است زیرا هر مدل پیش بینی سعی دارد تا رابطه میان یک متغیر (متغیر وابسته) را با متغیرهای گوناگون دیگر (متغیرهای مستقل) تعیین نماید [۱۸]. ترکیب ویژگی‌های مورد اشاره، شبکه‌های عصبی را به یک ابزار منعطف و توانمند برای پیش بینی تبدیل می‌کند.

هدف مقاله حاضر نشان دادن توانمندی شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی فرآیندهای تجاری در مقایسه با روش‌های معمول پیش‌بینی است. به این منظور صنعت چوب کشور که یکی از صنایع مهم در سطح ملی و بین‌المللی است و از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد جهت مطالعه انتخاب شده است. مدیریت محصولات جنگل داری به خاطر ابعاد زیست محیطی و همچنین کسب و کار آن از چالش‌های بزرگ و مهم جهانی محسوب می‌شود. مطالعات اخیر در زمینه گرم شدن زمین و همچنین وقوع سیلاب‌ها نقش موثر جنگل و تولید محصولات جنگلی را بیش از پیش روشن کرده است [۱۱]. در برخی کشورها مانند هندوستان، جنگل و محصولات جنگلی از جمله منابع ثروت ملی محسوب می‌شود. به علاوه امروزه این محصولات در تولیدات صنعتی، تامین سوخت و انرژی و تهیه تجهیزات و لوازم اداری و خانگی نقش چشمگیری دارند. بنابر این پیش‌بینی هرچه دقیق‌تر در مورد محصولات صنعت چوب می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت این صنعت تاثیر به‌سزایی داشته باشد.

### شبکه عصبی

یک شبکه عصبی از واحدهای محاسباتی ساده‌ای به نام نورون<sup>vi</sup> ساخته شده است که در لایه‌های مختلفی قرار می‌گیرند و ارتباطات داخلی بسیار زیادی با هم دارند. در چند دهه اخیر انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی ایجاد شده که هر یک هدف خاصی را دنبال می‌کنند [۹]. با این وجود بهترین مدلی که تاکنون برای مسائل پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفته است «مدل شبکه عصبی پیش‌خورد»<sup>۱</sup> بوده است [۲۰]. در شکل (۱) معماری یک شبکه عصبی پیش‌خورد سه لایه نشان داده شده است که شامل لایه ورودی، لایه میانی و لایه خروجی است. نورون‌های موجود در لایه ورودی به متغیرهای مستقل یا پیش‌بینی کننده و نورون‌های موجود در لایه خروجی به متغیر وابسته یا پیش‌بینی شونده مربوط می‌شوند. نورون‌های موجود در لایه میانی به هر دو لایه ورودی و خروجی متصل هستند و کلید یادگیری الگوهای

میان داده ها هستند. در این شبکه ها جریان اطلاعات از لایه ورودی به لایه میانی و سپس لایه خروجی است و هیچ گونه بازخوردی از لایه خروجی یا میانی وجود ندارد [۱۷].



شکل ۱. شبکه عصبی پیش خورده سه لایه

تحقیق‌های اخیر در مورد شبکه‌های عصبی نشان داده است که این شبکه‌ها قابلیت‌های پیش بینی و دسته بندی<sup>vii</sup> بالقوه‌ای دارند. شبکه‌های عصبی به طور موفقیت آمیزی در بسیاری از زمینه‌های کسب و کار، صنعت و علم مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۲]. برای چندین دهه روش‌های خطی بر پیش بینی سایه افکنده بودند. ایجاد و به کارگیری روش‌های خطی و همچنین درک و تفسیر آنها نسبتاً ساده است. با این وجود مدل‌های خطی به دلیل عدم توانایی در استخراج روابط غیر خطی میان داده‌ها از محدودیت جدی برخوردارند. تقریب مدل‌های خطی برای روابط غیر خطی همواره راضی کننده نیست.

کاربرد شبکه‌های عصبی برای پیش بینی در زمینه‌های مختلف مورد توجه خاص قرار گرفته است. دق‌تی: مدل سازی حمل و نقل و پیش بینی [۵]، آزوف: کاربردهای مالی [۱]، ماکریداکیس و همکاران: پیش بینی منابع آب [۱۴] را با استفاده از این شبکه‌ها مورد مطالعه قرار دادند. دامنه وسیعی از مسائل مربوط به پیش بینی کسب و کار با استفاده از شبکه‌های عصبی مورد مطالعه قرار گرفته است، از جمله در زمینه حسابداری (پیش بینی درآمدهای حسابداری، پیش بینی ورشکستگی و

شکست‌های کسب و کار)، مالی (پیش‌بینی شاخص‌ها، درآمدها، ریسک)، بازاریابی (پیش‌بینی انتخاب مشتری، سهم بازار، دسته‌بندی بازار)، اقتصاد (پیش‌بینی دوره‌های کسب و کار، رکودها، مصرف مشتریان، تورم)، تولید و عملیات (پیش‌بینی تقاضای برق، ترافیک شهری، موجودی)، گردشگری و حمل‌ونقل (پیش‌بینی تعداد گردشگران، حجم مسافران هوایی بین‌المللی) و مسائل زیست‌محیطی (پیش‌بینی سطح لایه اوزون، کیفیت هوا) [۱۲].

### سوالات تحقیق

با توجه به داده‌های موجود در مورد صنعت چوب ایران، سوالات تحقیق به شرح زیر طرح شده است:

- پیش‌بینی میزان تولید صنعت چوب ایران توسط شبکه‌های عصبی در مقایسه با پیش‌بینی توسط مدل‌های غیرخطی و داده‌های واقعی چگونه است؟
- پیش‌بینی مقدار واردات محصولات چوبی ایران توسط شبکه‌های عصبی در مقایسه با پیش‌بینی توسط مدل‌های غیرخطی و داده‌های واقعی چگونه است؟
- پیش‌بینی ارزش واردات محصولات چوبی ایران توسط شبکه‌های عصبی در مقایسه با پیش‌بینی توسط مدل‌های غیرخطی و داده‌های واقعی چگونه است؟

### روش تحقیق

در این مطالعه جامعه و نمونه آماری مورد استفاده یکسان هستند. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به روش کتابخانه‌ای و آرشیوی جمع‌آوری گردید. به دلیل آنکه اعتبار داده‌ها در استفاده از مدل‌های پیش‌بینی نقش اساسی دارد، داده‌های مورد نیاز مربوط به صنعت چوب ایران با استفاده از پایگاه داده سازمان جهانی غذا و محصولات کشاورزی<sup>viii</sup> جمع‌آوری شد. این داده‌ها بر حسب قاره‌های مختلف دنیا، کشورهای پیشرفته، در حال توسعه و سایر کشورها موجود است [۷]. در مقاله حاضر داده‌های مربوط به صنعت چوب ایران شامل میزان تولید (بر حسب متر مکعب)، میزان واردات محصولات چوبی (بر حسب متر مکعب) و ارزش ارزی واردات محصولات چوبی (بر حسب هزار دلار) مورد استفاده قرار گرفته است. در

ابتدا داده ها با استفاده از نرم افزار MATLAB مورد تحلیل قرار گرفت و رابطه حاکم بر داده ها با استفاده از این نرم افزار مشخص شد. با توجه به شاخص MAPE، نتایج حاصل از اعمال مدل به عنوان تابع پیش بینی کننده با شبکه عصبی مقایسه گردید. یک شبکه عصبی پیش خورد با الگوریتم آموزشی پس انتشار با شیب نزولی و نرخ یادگیری انطباقی<sup>ix</sup> با دولا یه میانی مورد استفاده قرار گرفته است. در لایه های ورودی و خروجی هر کدام یک نورون و در لایه های میانی به ترتیب ۶ و ۱۰ نورون با توابع انتقال تانژانت هایپربولیکی<sup>x</sup> به کار رفته است. برای لایه خروجی تابع انتقال استفاده شده، تابع خطی<sup>xi</sup> است.

#### شاخص مقایسه مدل ها

فرمول شاخص میانگین مطلق درصدی خطا (MAPE) که برای انتخاب مدل مناسب در این تحقیق از آن استفاده شده عبارت است از:

فرمول (۱)

$$MAPE = 1/n \times (\sum_1^n |Y_i - Y_f| / Y_i)$$

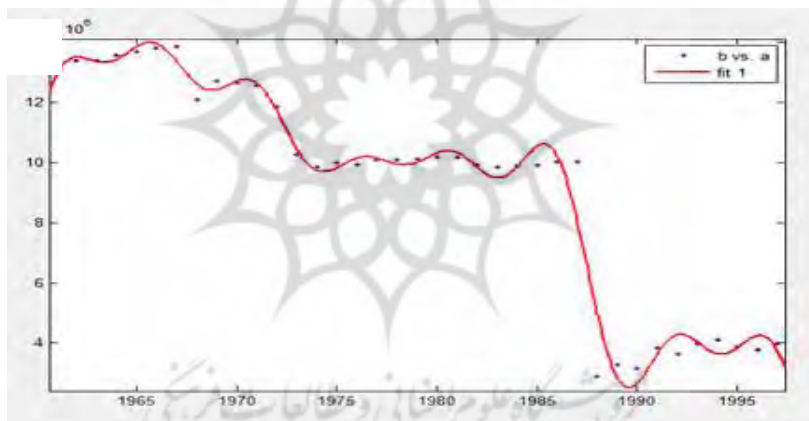
در این فرمول n تعداد مشاهدات،  $Y_i$  مشاهده i ام،  $Y_f$  مقدار پیش بینی شده برای مشاهده i ام می باشد.

#### یافته های تحقیق

#### میزان تولید صنعت چوب ایران علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

داده های مربوط به میزان تولید صنعت چوب ایران به دو بخش تقسیم بندی شد. داده های آموزشی که جهت ایجاد مدل و تعیین رابطه میان آنها با استفاده از MATLAB مورد استفاده قرار گرفت. این داده ها به سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۷ میلادی مربوط می شود. گروه دوم، داده های آزمون هستند که با استفاده از آنها قدرت پیش بینی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. این داده ها مربوط به سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ میلادی می باشد. بدین ترتیب بهترین مدل حاصل از داده های آموزشی با استفاده از نرم افزار MATLAB، در سطح معنی داری ۹۵٪، با مقادیر «R-square= ۰/۹۷۷۶»

و « $adj R-square = 0.9380$ » به صورت مجموع توابع سینوسی به دست آمد. شکل (۲) نمودار این مدل را نشان می‌دهد. همان طور که از این نمودار می‌توان دریافت سری زمانی تشریح کننده رابطه میان داده‌ها غیر خطی است. به عبارت دیگر، میزان تولیدات صنعت چوب ایران از سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۷ به گونه‌ای تغییر کرده که نمودار مدل ریاضی مربوط به آن دارای دو نقطه اکسترمم مطلق و چندین نقطه اکسترمم نسبی می‌باشد. وجود چنین نقاطی در توابع ریاضی بیانگر غیر خطی بودن آنهاست، حال آنکه در سری‌های زمانی خطی مدل ریاضی تشریح کننده داده‌های سری زمانی به صورت یک معادله خط با فرمول کلی  $y = ax + b$  می‌باشد. رابطه ریاضی مدل مربوط به سری زمانی میزان تولید صنعت چوب ایران نیز در مقایسه با معادله کلی خط بیانگر غیر خطی بودن این سری زمانی است (رابطه ریاضی مدل در پیوست ۱ آمده است).



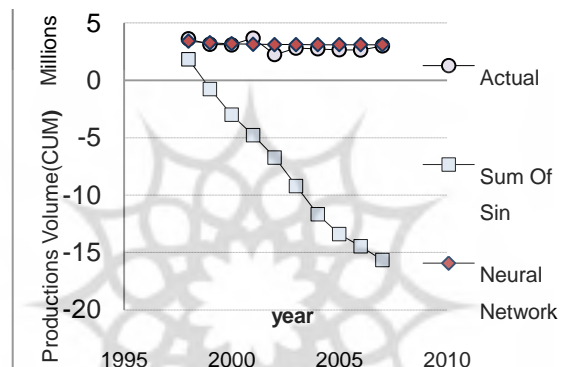
شکل ۲. نمودار میزان تولید صنعت چوب ایران (مجموع توابع سینوسی)

سپس از این مدل برای پیش‌بینی داده‌های آزمون استفاده شد. در ارتباط با شبکه عصبی، متغیر ورودی عبارت است از زمان بر حسب سال و متغیر هدف میزان تولیدات صنعت چوب ایران می‌باشد. نتایج حاصل از این پیش‌بینی به همراه نتایج حاصل از اعمال شبکه عصبی در جدول (۱) آمده است. به منظور انجام تحلیل مقایسه‌ای، نتایج مربوط به مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی بر اساس

شاخص آماری MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۱). شکل (۳) نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقدار تولیدات صنعت چوب ایران

| Model      | MAPE   |
|------------|--------|
| Neural Net | ۱۲/۸۷  |
| Sum Of Sin | ۳۸۲/۴۱ |



شکل ۳. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل مجموع توابع سینوسی و شبکه عصبی

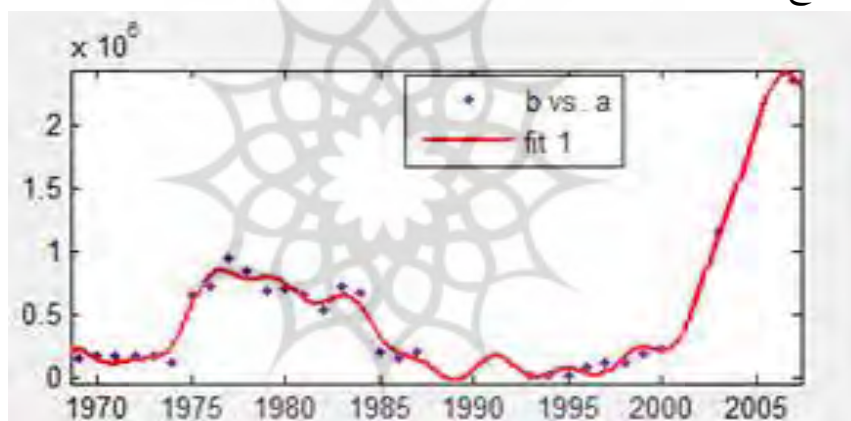
بررسی نتایج نشان می‌دهد عملکرد شبکه عصبی نسبت به مدل حاصل از MATLAB مخصوصاً در پیش بینی داده‌ها بسیار بهتر است. با توجه به شاخص آماری MAPE شبکه عصبی در پیش بینی داده‌ها ۹۶/۶۳ درصد بهتر عمل کرده است. شکل (۳) نیز عملکرد بهتر شبکه عصبی را در پیش بینی داده‌ها در مقایسه با داده‌های واقعی به وضوح نشان می‌دهد (رابطه ریاضی این مدل در پیوست ۲ آمده است).

### مقدار واردات محصولات چوبی ایران

داده‌های مربوط به مقدار واردات محصولات چوبی ایران از سال ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۷ میلادی جمع‌آوری و به دو بخش تقسیم شد. در این قسمت به دلیل عدم توزیع



مناسب داده‌ها و جهت پرهیز از اثر نامناسب آن بر تجزیه و تحلیل، داده‌های مربوط به سالهای ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ به عنوان داده‌های آزمون و داده‌های بقیه سالها برای داده‌های آموزشی مورد استفاده قرار گرفت. در واقع در اینجا ابتدا به پیش پردازش داده‌ها پرداخته و سپس مدل مناسب اعمال گردید. لازم به ذکر است که در قسمت قبل داده‌ها از توزیع مناسبی بر خوردار بودند، لذا تقسیم بندی داده‌ها به این صورت لازم نبود. با این شرایط باز هم بهترین مدل با استفاده از نرم افزار MATLAB، در سطح معنی داری ۹۵٪ و با مقادیر « $R\text{-square} = ۰/۹۷۲۱$ » و « $\text{adj R-square} = ۰/۹۲۹۰$ » به صورت مجموع توابع سینوسی بود. شکل (۴) نمودار این مدل را نشان می‌دهد. در اینجا نیز می‌توان رابطه غیر خطی میان داده‌ها را به وضوح مشاهده کرد.



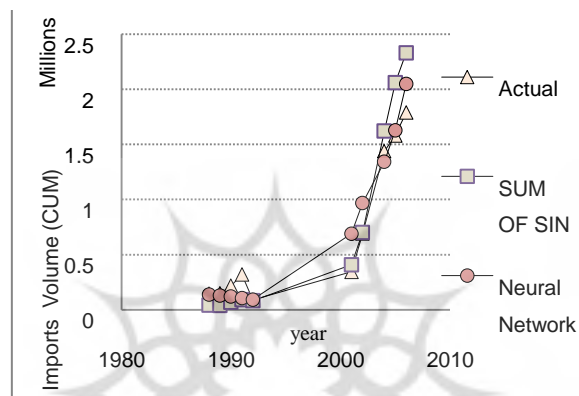
شکل ۴. نمودار میزان واردات محصولات چوبی ایران (مجموع توابع سینوسی)

نتایج حاصل از اعمال این مدل به داده‌های آزمون در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج مربوط به اعمال شبکه عصبی نیز در این جدول ارائه شده است. در ارتباط با شبکه عصبی، متغیر ورودی عبارت است از زمان بر حسب سال و متغیر هدف میزان واردات محصولات چوبی ایران می‌باشد. در اینجا نیز به منظور انجام تحلیل مقایسه‌ای، نتایج مربوط به مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی بر اساس شاخص آماری MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۲). شکل (۵)

نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

جدول ۲. میزان واردات محصولات چوبی ایران

| Model      | MAPE |
|------------|------|
| Neural Net | /    |
| Sum Of Sin | /    |



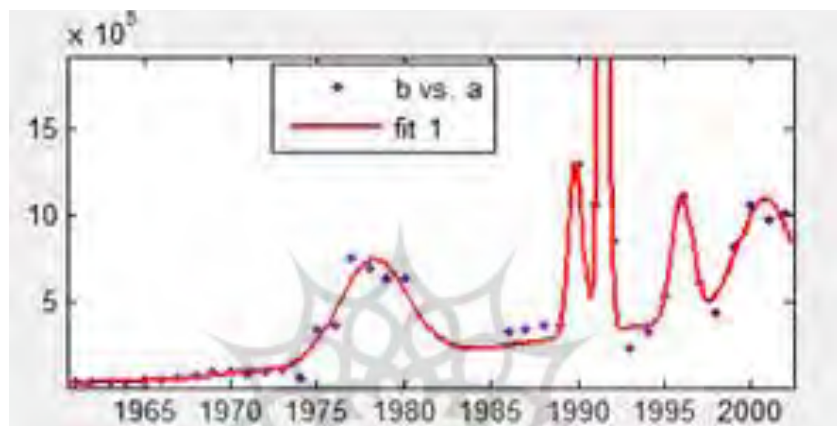
شکل ۵. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل مجموع توابع سینوسی و شبکه عصبی

در اینجا نیز بررسی نتایج نشان می‌دهد که عملکرد شبکه عصبی نسبت به مدل حاصل از MATLAB در پیش بینی داده‌های آزمون بهتر است. شاخص آماری MAPE نشان می‌دهد که شبکه عصبی در پیش بینی داده‌ها ۲۳/۵۷ درصد نسبت به مدل حاصل از MATLAB بهتر عمل کرده است. شکل (۵) نیز عملکرد بهتر شبکه عصبی را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

### ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران (هزار دلار)

پس از جمع آوری داده‌های مربوط به مقدار ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران از سالهای ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۷ میلادی، در اینجا نیز به دلیل عدم توزیع مناسب داده‌ها، داده‌های مربوط به سالهای ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ و ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ را به عنوان داده‌های آزمون و داده‌های مربوط به سایر سال‌ها را به منظور آموزش مدل‌ها

مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب، بهترین مدل حاصل از نرم افزار MATLAB در سطح معنی داری ۹۵٪، بصورت یک تابع گاوسی<sup>xii</sup> با مقادیر « R-square= 0.9770» و «adj R-square= 0.9482» بود. شکل (۶) نمودار مدل مربوط را نشان می‌دهند. نکته قابل توجه غیر خطی بودن رابطه میان داده‌هاست (رابطه ریاضی این مدل در پیوست ۳ آمده است).

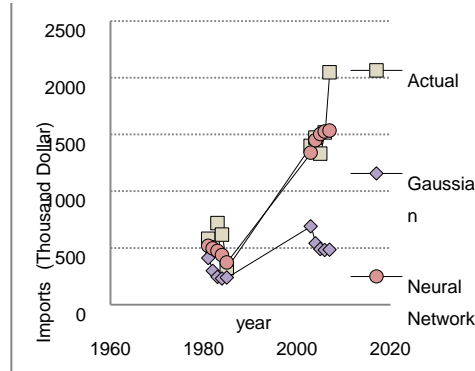


شکل ۶. نمودار مربوط به ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران (تابع گاوسی)

پیش‌بینی داده‌های آزمون برای این مدل و همچنین مدل شبکه عصبی در جدول (۳) ارائه شده است. همچنین تحلیل مقایسه‌ای میان مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی بر اساس شاخص آماری MAPE صورت گرفته است (جدول ۳). شکل (۷) نمودارهای مربوط به پیش‌بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل در مقایسه با داده‌های واقعی را نشان می‌دهد. در ارتباط با شبکه عصبی، متغیر ورودی عبارت است از زمان بر حسب سال و متغیر هدف ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران می‌باشد.

جدول ۳. ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران

| Model      | MAPE  |
|------------|-------|
| Neural Net | 13.7  |
| Gaussian   | 54.69 |



شکل ۷. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل گاوسی و شبکه عصبی

در این تحلیل نیز بررسی عملکرد شبکه عصبی در مقایسه با مدل حاصل از MATLAB نشان دهنده عملکرد برتر شبکه عصبی در پیش بینی داده‌های آزمون می‌باشد. شاخص آماری MAPE نشان می‌دهد که شبکه عصبی در پیش بینی داده‌ها ۷۴/۹۴ درصد نسبت به مدل حاصل از MATLAB بهتر عمل کرده است. شکل (۷) عملکرد مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود پیش بینی شبکه عصبی در مقایسه با داده‌های واقعی نسبت به مدل حاصل از MATLAB بهتر است.

### نتیجه گیری

همان طور که قبلاً اشاره شد هدف این تحقیق نشان دادن مزایا و قابلیت‌های شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای تجاری و مقایسه آن با روش‌های سنتی پیش بینی است. اگر چه این مطالعه بصورت موردی بر داده‌های صنعت چوب ایران انجام شده است و نتایج آن می‌تواند به صورت کاربردی مورد استفاده قرار گیرد ولی جنبه توسعه‌ای آن بیشتر مد نظر بوده است. زیرا شبکه‌های عصبی ممکن است به صورت ابزاری نیرومند در پیش بینی انواع فرآیندهای تجاری و مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد.

مدیریت اثر بخش و کارآمد نیازمند پیش بینی و آگاهی از آینده است. بدین

منظور روشهای مختلفی برای پیش‌بینی آینده ارائه شده است. پیش‌فرض بسیاری از این روشها وجود روابط خطی میان داده‌ها است. در صورتیکه ماهیت اکثر پدیده‌های طبیعی غیر خطی است. لذا اکثر این روشها با تقریب خطی روابط غیر خطی سعی در پیش‌بینی آنها دارند و طبیعی است که خطای چنین روشهایی زیاد باشد. البته روشهای دیگری نیز وجود دارند که با تاکید بر غیر خطی بودن این روابط بدنبال پیش‌بینی آنها هستند که در اینجا نیز مسئله فرابرازش داده‌ها باعث ایجاد خطای قابل توجهی می‌شود.

امروزه شبکه‌های عصبی یکی از ابزارهای مهم پیش‌بینی کسب و کار و مدیریت است. شبکه‌های عصبی ویژگی‌های مطلوب زیادی دارند به گونه‌ای که برای استفاده در مسائل پیش‌بینی کاملاً مناسب هستند. در این مقاله ضمن بررسی اجمالی کاربرد شبکه‌های عصبی در مسائل پیش‌بینی، به مطالعه و پیش‌بینی تولیدات، واردات و ارزش ارزی واردات صنعت چوب ایران پرداخته شد. وجود روابط کاملاً غیر خطی میان داده‌ها مشخصه اصلی این مطالعه بود. به همین دلیل برآورد مدل حاکم بر این داده‌ها و در نتیجه پیش‌بینی آنها با استفاده از روشهای معمول خطی و غیر خطی و نرم افزارهای آماری متداول نظیر SPSS ناکارآمد و غیر اثربخش می‌نمود. بدین منظور پس از استخراج مدل‌های حاکم بر داده‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB، نتایج حاصل از به‌کارگیری این مدل‌ها با نتایج به‌دست آمده از یک شبکه عصبی پیش‌خورده بر اساس شاخص آماری MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که شبکه عصبی در هر سه مطالعه صورت گرفته موفقیت چشم‌گیری نسبت به مدل‌های به‌دست آمده از نرم افزار MATLAB دارد. البته باید گفت که هیچ روشی به تنهایی برای همه مسائل مفید و مناسب نیست و در اغلب موارد استفاده ترکیبی از روش‌های مختلف نتایج بهتری به دست می‌دهد. شبکه عصبی به عنوان یکی از پرکاربردترین این روشها توانایی ترکیب با روش‌های دیگر از جمله الگوریتم‌های ژنتیک را نیز دارد.

## منابع

1. Azoff, E. M. **Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets**. Chichester, UK: John Wiley & Sons. (1994).
2. Bishop, M. **Neural Networks for Pattern Recognition**. Oxford, UK: Oxford University Press. (1995).
3. Chatfield, C. **The future of time-series forecasting**. International Journal of Forecasting, 4, 411° 419. (1988).
4. De Gooijer, J. G., & Hyndman, R. J. **25 years of time series forecasting**. International Journal of Forecasting, 22, 443° 473. (2006).
5. Dougherty, M. **A review of neural networks applied to transport**. Transportation Research, Part C, 3(4), 247-260. (1995).
6. Fadlalla, A. & Lin, C.-H. **An analysis of the applications of neural networks in finance**. Interfaces, 31(4), 112-122. (2001).
7. FAO. (2009). FAOSTAT: ForeSTAT. <http://www.faostat.fao.org/> Accessed on April 2009).
8. Ghiassi .M , Nangoy. S. **A dynamic artificial neural network model for forecasting nonlinear processes**. Computers & Industrial Engineering. 76(5), 302° 316. (2009)
9. Hoptroff, R. G. **The principles and practice of time series forecasting and business modeling using neural networks**. Neural Computing and Applications, 1, 59-66. (1993).
10. Hwang, H. B. **Insights into neural network forecasting of time series corresponding to ARMA (p,q) structures**. Omega, 29, 273-289. (2001).
11. Khotanzad, A., Afkhami-Rohani, R., Lu, T. L., Abaye, A., Davis, M., & Maratukulam, D. J. **ANNSTLF ~ A neural-network-based electric load forecasting system**. IEEE Transactions on Neural Networks, 8(4), 835-846. (1997).
12. Lennon, B., Montague, G. A., Frith, A. M., Gent, C., & Bevan, V. **Industrial applications of neural networks — An investigation**. Journal of Process Control, 11, 497-507. (2001).
13. Maier, H. R. & Dandy, G. C. **Neural networks for the prediction and forecasting of water resource variables: A review of modeling issues and applications**. Environmental Modeling and Software, 15, 101-124. (2000).
14. Makridakis, S., Anderson, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibdon, M., Lewandowski, R., Newton, J., Parzen, E., & Winkler, R. **The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition**. Journal of Forecasting, 1(2), 111-153. (1982).
15. Medeiros, M. C. & Pedreira, C. E. **What are the effects of forecasting linear time series with neural networks?** Engineering Intelligent Systems, 4, 237-424. (2001).
16. Ord, J. K. **Future developments in forecasting: The time series connexion**. International Journal of Forecasting, 4, 389° 401. (1988).
17. Smith, M. **Neural Networks for Statistical Modeling**. New York: Van Nostrand Reinhold. (1993).
18. Zhang, G. P. **Neural Networks in Business Forecasting**. British

- Cataloguing in Publication Data, 4-13. (2003).
19. Zhang, G. P. **An investigation of neural networks for linear time-series forecasting.** Computers & Operations Research, 28, 1183-1202. (2001).
  20. Zhang, G. P. & Hu, M. Y. **Neural network forecasting of the British Pound/US dollar exchange rate.** Omega, 26(4), 495-506. (1998).



پیوست شماره ۱: رابطه ریاضی مدل مربوط به میزان تولید صنعت چوب ایران

General model Sin8:

ans(x) =

$$a1*\sin(b1*x+c1) + a2*\sin(b2*x+c2) + a3*\sin(b3*x+c3) + \\ a4*\sin(b4*x+c4) + a5*\sin(b5*x+c5) + a6*\sin(b6*x+c6) + \\ a7*\sin(b7*x+c7) + a8*\sin(b8*x+c8)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

a1 = 1.533e+007 (-2.547e+013, 2.547e+013)  
 b1 = 0.08727 (-8.843e+004, 8.843e+004)  
 c1 = -1.18 (-1.754e+008, 1.754e+008)  
 a2 = 5.285e+006 (-2.501e+013, 2.501e+013)  
 b2 = 0.1745 (-2.425e+005, 2.425e+005)  
 c2 = -1.338 (-4.804e+008, 4.804e+008)  
 a3 = 1.945e+006 (-1.167e+012, 1.167e+012)  
 b3 = 0.3491 (-3.077e+004, 3.077e+004)  
 c3 = 1.139 (-6.134e+007, 6.134e+007)  
 a4 = 1.112e+006 (-1.773e+011, 1.773e+011)  
 b4 = 0.5236 (-1.974e+004, 1.974e+004)  
 c4 = -0.684 (-3.913e+007, 3.913e+007)  
 a5 = 6.175e+005 (-3.544e+008, 3.556e+008)  
 b5 = 1.222 (-29.94, 32.38)  
 c5 = 0.05234 (-6.165e+004, 6.165e+004)  
 a6 = 5.041e+005 (-1.852e+010, 1.852e+010)  
 b6 = 0.8727 (-3394, 3395)  
 c6 = 3.038 (-6.719e+006, 6.719e+006)  
 a7 = 5.314e+005 (-2.133e+010, 2.133e+010)  
 b7 = 0.6981 (-5028, 5030)  
 c7 = -2.791 (-1.004e+007, 1.004e+007)  
 a8 = 3.544e+005 (-6.398e+008, 6.405e+008)  
 b8 = 1.047 (-108.7, 110.7)  
 c8 = 2.004 (-2.121e+005, 2.121e+005)

پیوست شماره ۲: رابطه ریاضی مدل مربوط به میزان تولید صنعت چوب ایران



General model Sin6:

ans(x) =

$$a1*\sin(b1*x+c1) + a2*\sin(b2*x+c2) + a3*\sin(b3*x+c3) + \\ a4*\sin(b4*x+c4) + a5*\sin(b5*x+c5) + a6*\sin(b6*x+c6)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

a1 = 1.353e+006 (-4.945e+010, 4.946e+010)  
b1 = 0.08267 (-364.1, 364.3)  
c1 = -0.3624 (-7.098e+005, 7.098e+005)  
a2 = 1.823e+005 (-9.397e+009, 9.397e+009)  
b2 = 0.3307 (-8064, 8065)  
c2 = -2.579 (-1.599e+007, 1.599e+007)  
a3 = 1.296e+006 (-2.528e+010, 2.528e+010)  
b3 = 0.1653 (-2997, 2997)  
c3 = 1.764 (-5.944e+006, 5.944e+006)  
a4 = 1.322e+005 (-8.735e+008, 8.738e+008)  
b4 = 0.6614 (-445.6, 446.9)  
c4 = 0.7657 (-8.871e+005, 8.871e+005)  
a5 = 2.219e+005 (-3.869e+009, 3.869e+009)  
b5 = 0.496 (-1882, 1883)  
c5 = -0.7172 (-3.736e+006, 3.736e+006)  
a6 = 1.114e+005 (-6.537e+007, 6.559e+007)  
b6 = 0.8267 (-25.55, 27.2)  
c6 = 1.698 (-5.248e+004, 5.249e+004)

پیوست شماره ۳: رابطه ریاضی مدل مربوط به ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران

```
General model Gauss7:
ans(x) =
a1*exp(-((x-b1)/c1)^2) + a2*exp(-((x-b2)/c2)^2) +
a3*exp(-((x-b3)/c3)^2) + a4*exp(-((x-b4)/c4)^2) +
a5*exp(-((x-b5)/c5)^2) + a6*exp(-((x-b6)/c6)^2) +
a7*exp(-((x-b7)/c7)^2)
Coefficients (with 95% confidence bounds):
a1 = 1.008e+006 (-7.992e+008, 8.012e+008)
b1 = 1990 (865.4, 3114)
c1 = 0.5651 (-794.2, 795.3)
a2 = 7.15e+005 (4.195e+005, 1.01e+006)
b2 = 1996 (1996, 1996)
c2 = 0.8204 (0.4672, 1.174)
a3 = 6.517e+005 (4.366e+004, 1.26e+006)
b3 = 2001 (2000, 2001)
c3 = 2.186 (0.5095, 3.863)
a4 = 4.865e+005 (-1.12e+006, 2.093e+006)
b4 = 2010 (1901, 2118)
c4 = 29 (-25.8, 83.8)
a5 = 2.872e+006 (-5.085e+010, 5.086e+010)
b5 = 1991 (1700, 2282)
c5 = 0.4026 (-2310, 2311)
a6 = 5.926e+005 (4.293e+005, 7.559e+005)
b6 = 1978 (1978, 1979)
c6 = 2.854 (1.779, 3.929)
a7 = 1.969e+004 (-1.508e+005, 1.902e+005)
b7 = 1971 (1960, 1982)
c7 = 1.599 (-15.26, 18.45)
```

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی